



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1516-8840

Setembro, 2008

Documentos 191

Novos Horizontes para a Sustentabilidade da Lavoura Orizícola do Rio Grande do Sul

Editor

Algenor da Silva Gomes

Pelotas, RS
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 Km 78
Caixa Postal 403 - Pelotas, RS
Fone: (53) 3275 8199
Fax: (53) 3275 8219 - 3275 8221
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Embrapa Clima Temperado

Comitê de Publicações

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia

Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Luís Antônio Suita de Castro.

Suplentes: Daniela Lopes Leite, Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica e capa: Sérgio Ilmar Vergara dos Santos/Oscar Castro

Fotos da capa: Algenor da Silva Gomes

1ª edição

1ª impressão (2008): 50 exemplares

Composto e impresso: Embrapa Clima Temperado

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Gomes, Algenor da Silva.

Novos horizontes para a sustentabilidade da lavoura orizícola do Rio Grande do Sul / editor Algenor da Silva Gomes. -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.

191 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 191).

ISSN - 1516-8840

1. Arroz irrigado - Manejo de água - Planta daninha - Pragas - Fertilização - Agrotóxicos - Impacto ambiental - Toxidez - Agricultura sustentável - Transferência de tecnologia. I. Título. II. Série.

CDD 633.18

Autores

Algenor da Silva Gomes

Eng. Agrôn., MSc.
Manejo do Solo/Física do Solo
Embrapa Clima Temperado
BR 392, km 78 - Caixa Postal, 403
96001-970 - Pelotas, RS
(algenor@cpact.embrapa.br)

Andre Andres

Eng. Agrôn. MSc.
Plantas Daninhas
Embrapa Clima Temperado
BR 392, km 78 - Caixa Postal, 403
96001-970 Pelotas, RS
(andre@cpact.embrapa.br)

Anderson Dionei Grützmacher

Eng. Agrôn., Dr. Prof.
Entomologista
Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel"-
UFPeI
Departamento de Fitossanidade
Caixa Postal, 354
96001-970 - Pelotas, RS
(adgrutzm@ufpel.tche.br)

Ariano Martins de Magalhães Júnior

Eng. Agrôn., MSc.

Melhoramento Genético

Embrapa Clima Temperado

BR 392, km 78 - Caixa Postal, 403

96001-970 - Pelotas, RS

(ariano@cpact.embrapa.br)

Daniel Fernandez Franco

Eng. Agrôn., MSc.

Sementes

Embrapa Clima Temperado

BR 392, km 78 Caixa Postal, 403

96001-970 - Pelotas, RS

(daniel@cpact.embrapa.br)

Giovani Theisen

Eng. Agrôn., MSc.

Sistema de Produção

Embrapa Clima Temperado

BR 392, km 78 - Caixa Postal, 403

96001-970 - Pelotas, RS

(giovani@cpact.embrapa.br)

José Alberto Petrini

Eng. Agrôn., MSc., Pesquisador
Práticas Culturais
Embrapa Clima Temperado
BR 392, km 78 - Caixa Postal, 403
96001-970 - Pelotas, RS
(petrini@cpact.embrapa.br)

José Antonio Pereira Lisboa

Eng. Agrôn. MSc.
Coordenador do Depart.Técnico
Cooparcentro
Rua Pinto Bandeira, 146 - Apto 402
97050-600 - Santa Maria, RS
(lisboacooparcentro@terra.com.br)

José Francisco da Silva Martins

Eng. Agrôn. Dr.
Entomologia
Embrapa Clima Temperado
BR 392, km 78 - Caixa Postal 403
96001-970 - Pelotas, RS
(martins@cpact.embrapa.br)

Luiz Felipe Thomaz

Eng. Agrôn., MSc.

Produção Vegetal

Coordenador de Desenv. de Produto e Mercado

FMC Química do Brasil LTDA

Av. Medianeira 1126 Apto 101

97060-002 - Santa Maria, RS

(luiz_thomaz@fmc.com)

Maria Laura Turino Mattos

Eng. Agrôn., Dra.

Microbiologia Agrícola e Ambiental

Embrapa Clima Temperado

BR 392, km 78 - Caixa Postal 403

96001-970 - Pelotas, RS

(mattos@cpact.embrapa.br)

Silvio Steinmetz

Eng. Agrôn., Dr.

Climatologia

Embrapa Clima Temperado

BR 392, km 78 - Caixa Postal, 403

96001-970 - Pelotas, RS

(silvio@cpact.embrapa.br)

Uemerson Silva da Cunha

Eng. Agrôn., Dr., Prof.

Entomologia

Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" -
UFPeI

Caixa postal 354

96001-970 - Pelotas, RS

(uscunha@yahoo.com.br)

Walkyria Bueno Scivittaro

Eng. Agrôn., Dra.

Fertilidade do Solo e Adubação

Embrapa Clima Temperado

BR 392, km 78 - Caixa Postal 403

96001-970 - Pelotas, RS

(wbscivit@cpact.embrapa.br)

Apresentação

No Brasil, um dos principais países produtor de arroz do mundo, a produção anual, na safra 2005/06, atingiu 11,5 milhões de toneladas, para um consumo estimado de 13,0 milhões de toneladas, base casca. Nos Estados onde o arroz é cultivado no sistema de irrigação por submersão do solo, como no Rio Grande do Sul, a produtividade média da cultura, embora tenha sido de $6,5 \text{ t ha}^{-1}$, na safra 05/06, está aquém do rendimento potencial de pesquisa das cultivares utilizadas, que anda em torno de 10 t ha^{-1} . Esta lacuna de produtividade, em parte, pode estar relacionada ao baixo uso de tecnologia, ou ao uso de forma não adequada das tecnologias disponíveis, ou ainda à carência de tecnologias de manejo mais apropriadas. Neste contexto, o aprimoramento do sistema produtivo, pelo uso racional e integrado de tecnologias já disponíveis, ou da utilização de novas práticas de manejo, contribuirá para que o rendimento potencial da lavoura se aproxime do rendimento potencial das cultivares de arroz irrigado.

O manejo de plantas daninhas é um dos aspectos mais importantes a ser considerado no processo produtivo agrícola, visto que a infestação das lavouras, notadamente do arroz irrigado, pode reduzir a produtividade desta cultura em até 80%. A interação do manejo da água, notadamente no que se refere ao início da submersão do solo, com a aplicação de herbicida, poderá trazer efeitos significativos no controle de plantas daninhas. O desenvolvimento de sistemas mais eficientes de produção de arroz irrigado, com menor dependência de insumos químicos e que proporcionem sustentabilidade à atividade agropecuária, poderá contribuir para a expressão do potencial produtivo do arroz irrigado.

O uso da adubação é outro aspecto que desempenha papel preponderante no manejo da lavoura de arroz irrigado, notadamente no que se refere ao nitrogênio, visto que o emprego de quantidades suficientes e equilibradas de nutrientes possibilita aumentos significativos em produtividade. A dinâmica do nitrogênio (N), por exemplo, é extremamente complexa, devido à multiplicidade de formas químicas, reações e processos nos quais está envolvido, refletindo na baixa eficiência do aproveitamento do nutriente pela cultura, raramente excedendo a 50% da quantidade aplicada.

A baixa eficiência da adubação nitrogenada, além de limitar a produtividade e onerar o custo de produção, pode causar problemas sérios de poluição ambiental. Assume, portanto, grande importância a adequação do sistema produtivo, visando a elevação da eficiência de utilização do nitrogênio pelo arroz, mediante a reavaliação das práticas de manejo adotadas.

Os insetos-pragas são também preocupação permanente dos orizicultores gaúchos. O *Oryzophagus oryzae*, conhecido como gorgulho-aquático do arroz irrigado, destaca-se como praga-chave, causando cerca de 10% de perdas anuais de produtividade do arroz, em 25% da área orizícola do Rio Grande do Sul. Entre os métodos de controle do inseto, ainda predomina o uso de inseticidas químicos, na maioria dos casos, praticado sem considerar bases técnicas do manejo integrado de pragas. A aplicação de inseticidas granulados, diretamente na água de irrigação, durante aproximadamente 20 anos, foi o método mais utilizado de controle do inseto. Recentemente, está em expansão o tratamento de sementes, mais direcionado a áreas com histórico de ocorrência do inseto. Considerando que, em determinadas circunstâncias, o controle químico é a única alternativa de evitar perdas econômicas decorrentes dos danos causados pelo gorgulho-aquático, tornam-se importantes ações de pesquisa que visem o aperfeiçoamento da tecnologia de aplicação de inseticidas, com foco na redução das quantidades aplicadas, minimizando custos de produção e riscos de impactos ambientais negativos.

Na lavoura orizícola do RS são aplicados, nos diferentes sistemas de cultivo praticados, vários agroquímicos, com distintas classes toxicológicas. A aplicação destes produtos pode resultar na acumulação de seus resíduos ou de seus metabólitos no solo, águas de superfície e subterrâneas e nos grãos de arroz. No entanto, constata-se carência de informações sobre o impacto destes produtos no ambiente, preocupando a sociedade nas questões ligadas à segurança ambiental e alimentar. Para identificar e

propor ações mitigadoras de possíveis riscos de contaminação por agroquímicos, estudos de comportamento ambiental, descrevendo o que ocorre com um determinado produto no solo, na água e no ar, após sua aplicação, necessitam ser realizados no agroecossistema de várzea subtropical.

Em decorrência do exposto, a Embrapa Clima Temperado, em parceria com a FMC Química do Brasil Ltda. - instituição internacional, representativa da cadeia produtiva do arroz irrigado - buscou, pela execução deste Projeto, constituído de cinco Planos de Ação, potencializar os processos de geração e de transferência de tecnologias, no sentido de fornecer informações demandadas pelos orizicultores gaúchos sobre técnicas de manejo da cultura do arroz irrigado, enfatizando os objetivos e os efeitos de cada técnica, sob o ponto de vista qualiquantitativo, com enfoque na rentabilidade e na sustentabilidade sócio-ambiental para a cultura.

Os resultados referentes à geração, adaptação e transferência de tecnologias, obtidos durante os trinta e seis meses de duração do Contrato (11/2003 a 10/2006), serão apresentados e discutidos, a seguir, por Plano de Ação (PA), de acordo com o seguinte ordem: PA 01 - Manejo da água e de plantas daninhas em arroz irrigado; PA 02 - Manejo da água e da adubação nitrogenada na cultura do arroz irrigado; PA 03 - Manejo integrado do gorgulho-aquático (*Oryzophagus oryzae*) com ênfase no aperfeiçoamento da tecnologia de aplicação de inseticidas; PA 04 - Comportamento ambiental de agrotóxicos aplicados em lavouras de arroz irrigado e PA 05 - Transferência de tecnologias em arroz irrigado.

Waldyr Stumpf Júnior
Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Capítulo 01

Manejo da água e de plantas daninhas em arroz irrigado ... 15

Capítulo 02

Manejo da água e da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado 39

Capítulo 03

Manejo integrado do gorgulho-aquático (*Oryzophagus oryzae*) com ênfase no aperfeiçoamento da tecnologia de aplicação de inseticidas 93

Capítulo 04

Comportamento ambiental de agrotóxicos aplicados em lavouras de arroz irrigado 117

Capítulo 05

Transferência de tecnologias em arroz irrigado 151

Capítulo 06

Parcerias público-privadas (ppp's) em pesquisa e desenvolvimento 181

Capítulo 01

*André Andres
Algenor da Silva Gomes
Giovani Theisen
José Alberto Petrini
José Francisco da Silva Martins*

Manejo da água e de plantas daninhas em arroz irrigado

Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) ocupa a terceira posição em área cultivada entre os cereais, e é componente importante na alimentação de dois terços da população mundial. O Brasil destaca-se como grande produtor e consumidor de arroz, produzindo anualmente entre 11 e 13 milhões de toneladas, divididas entre arroz irrigado tipo longo-fino e arroz de sequeiro do tipo grão médio.

O potencial de produção da cultura é limitado, normalmente, por fatores como: época de semeadura, fora da preconizada, irregularidade na nutrição de plantas, deficiência no manejo de água, presença de plantas daninhas e insetos e perdas na colheita, armazenamento e beneficiamento, entre outros.

O sistema convencional de cultivo de arroz irrigado tende a eliminar as plantas daninhas perenes, e ocasionar o surgimento de plantas daninhas anuais que, dependendo da espécie e do nível de infestação, podem acarretar consideráveis prejuízos de ordem econômica (CONCENÇO et al., 2004). Portanto, programar a época de semeadura (dentro da época indicada), de forma que os tratamentos culturais coincidam com o período de maior emergência das plantas daninhas, pode contribuir na redução dos custos de controle, melhorar a eficiência dos métodos empregados e facilitar a aplicação dos demais tratamentos culturais, além de contribuir na redução do banco de sementes do solo (MULUGETA e STOLTENBERG, 1997).

O controle químico de plantas daninhas por meio de herbicidas ainda é o método mais utilizado em áreas de arroz irrigado no Sul do Brasil. Isto se deve, principalmente, à facilidade de atingir ampla área em curto espaço de tempo, com eficiência e rapidez.

É importante, após a identificação da(s) planta(s) daninha(s) problema, o entendimento do modo de atuação dos químicos e suas limitações, pois mesmo como eficientes componentes do manejo de plantas daninhas, os herbicidas apresentam vantagens e desvantagens, principalmente em arroz irrigado, devido às distintas modalidades de aplicação, nos diferentes sistemas de implantação da cultura (ANDRES e MACHADO, 2004).

O uso de herbicidas pode prevenir a interferência de plantas daninhas, principalmente no início do ciclo, período durante o qual as plantas daninhas causam as maiores perdas na produtividade do arroz. É um aspecto importante quando na população de plantas daninhas presentes são encontradas espécies de difícil controle após a emergência, ou quando as plantas daninhas são indesejáveis durante todo o ciclo da cultura, como no caso de áreas destinadas a produção de sementes. (ANDRES e MACHADO, 2004).

A flexibilidade quanto à época de aplicação, principalmente em lavouras de grande extensão, é desejável, pois o controle de plantas daninhas pode ser feito em etapas, adequando às demandas. Além disso, a maioria dos métodos mecânicos de controle são de uso limitado em épocas de precipitação pluvial frequentes. Utilizando adequadamente, o controle químico pode resultar não só numa redução substancial do tráfego de máquinas e implementos na lavoura de arroz, como também pode resultar na formação de cobertura morta para a proteção do solo (cultivo mínimo e mix de pré-germinado).

A utilização de herbicidas demanda equipamento de aplicação e proteção, além de operador treinado. Na maioria dos casos, as intoxicações ocorrem pela negligência no uso de equipamento individual de proteção (EPI).

O herbicida clomazone, por sua vez, é inibidor da biossíntese de carotenóides, sendo utilizado em pré-emergência ou pós-emergência inicial para o controle de várias plantas daninhas na cultura do arroz irrigado. Devido ao seu mecanismo de ação, quando utilizado em pré-emergência, as plantas sensíveis necessitam emergir para que o herbicida possa exercer sua ação. Apesar de ser eficiente, sua utilização em solos franco-arenosos está associada à dose, sob o risco de causar dano à cultura. Sabe-se que a maximização da dose de clomazone para controle de plantas daninhas pode acarretar danos às plantas de arroz irrigado. A utilização de composto químico ("protetor"), que aplicado às

sementes antes da semeadura que pode assegurar maior seletividade do herbicida às plântulas, é uma prática ainda pouco utilizada pelos orizicultores. A associação ou combinação deste herbicidas com compostos inibidores da enzima ALS (acetolactato sintase), que atuam na biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina (Beyer et al., 1988), possibilita amplo espectro de controle, e são usados em doses reduzidas e apresentam baixa toxicidade ao homem e animais (LEITE et al., 1998).

O manejo de água na cultura do arroz irrigado pode determinar a eficiência do controle químico das plantas daninhas. Normalmente, o início da irrigação em arroz está associado à época de controle de plantas daninhas. Quando ocorre dentro do período recomendado (até 30 dias após a emergência – DAE, – plantas de arroz com 4-5 folhas a dois perfilhos), o rendimento de grãos, normalmente não é afetado, desde que ocorra precipitação regular (FERRAZ, 1983). O atraso no início da irrigação, em áreas altamente infestadas por plantas daninhas, além de reduzir o rendimento de grãos, pode aumentar de 3% para 40% a população de plantas de arroz-vermelho, devido à maior disponibilidade de oxigênio para a germinação das sementes de espécies infestantes (NOLDIN, 1988).

O momento de início da irrigação pode estar associado ainda a maiores níveis de fitotoxicidade para alguns herbicidas. Em alguns casos, a imediata irrigação após a aplicação do herbicida, pode incrementar os danos às plantas da cultura, podendo reduzir a produtividade, como é o caso de determinados inibidores de ACCase. As práticas de manejo afetam a capacidade produtiva, que pode ser avaliada diretamente por meio das variáveis conhecidas como componentes do rendimento (NAVARRO JUNIOR e COSTA, 2002). Cita-se ainda que a associação de clomazone e bispyribac-sodium proporcionou manutenção nos níveis de rendimento de grãos com o atraso na irrigação (Freitas, 2004). Resultados similares foram obtidos por Hatschbach et al. (2003). A utilização de pré-emergentes para controle de capim-arroz em arroz irrigado permitiu uma redução em sete dias na demanda inicial da água de irrigação (CONCENÇO et al., 2006).

Em função do exposto, desenvolveu-se este estudo que teve como objetivo geral avaliar o controle de plantas daninhas em função do manejo de água e do uso de diferentes herbicidas, isolados ou combinados, em doses e épocas de aplicação diferenciadas, visando minimizar possíveis impactos ambientais negativos e a redução do custo de produção da cultura do arroz irrigado.

Controle de plantas daninhas e características do arroz BRS Pelota em função de doses de herbicidas pré-emergentes e início da irrigação

Objetivo específico

Esta atividade teve como objetivo específico avaliar a influência do período de irrigação, associado às doses dos herbicidas penoxsulam e clomazone, no crescimento do arroz, controle de plantas daninhas e produtividade da cultura.

Metodologia

Foi desenvolvida na área experimental da ETB, da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão/RS, no ano agrícola 2004/05. A área das parcelas foi de 10 m² (2 m x 5 m). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. As parcelas compreendiam por três épocas de entrada da água (19, 24 e 29 dias após emergência – DAE, estando o arroz com três folhas, quatro folhas a um perfilho e dois a quatro perfilhos, respectivamente), independentes para cada bloco, as subparcelas por dois herbicidas (penoxsulam e clomazone), e as sub-subparcelas pelas doses (18, 36, 54 e 72 g ha⁻¹; e 300, 400, 500 e 600 g ha⁻¹, respectivamente). Na sub-subparcela também foi adicionado tratamento sem controle químico ou mecânico, usado como testemunha para as demais avaliações.

O preparo do solo foi realizado no dia 19/10/04 procedendo-se uma aração e duas gradagens, seguidas de duas passadas de rolo para aplainá-lo e acomodá-lo adequadamente, sendo a semeadura do arroz realizada em solo corrigido, no sistema convencional no dia 26/10/04, com a cultivar BRS Pelota na densidade de 150 kg ha⁻¹, com população de 400 plantas de arroz m⁻². A adubação foi realizada em linhas no momento da semeadura, conforme as recomendações da ROLAS, Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo (1989). A emergência de 50% das plântulas ocorreu nove dias após a semeadura.

Os herbicidas foram aplicados um dia após a semeadura, entre 06h00min e 07h30min, com vento em torno de 5 km h⁻¹, com equipamento de pressão constante propelido por CO₂ e barra munida de quatro bicos Teejet 110.015 tipo leque, espaçados em 0,5 m.

Determinaram-se as matérias fresca (MF) e seca (MS) da parte aérea das plantas de arroz em um metro na linha em cada parcela, sendo, posteriormente,

convertidas para metro quadrado.

A densidade do angiquinho (*Aeschynomene* spp.) do capim-arroz (*Echinochloa* spp.) e de ciperáceas (*Cyperus* spp.), foi avaliada visualmente, (escala %) onde zero significa ausência de controle, e 100 ausência de plantas daninhas na área útil da sub-subparcela. Ao final do ciclo, foi colhida amostra de plantas em 3 m² de cada sub-subparcela para a determinação do rendimento de grãos, 10 panículas de arroz tomadas ao acaso para as avaliações de número de grãos por panícula (subdivididos em cheios e chochos), peso de 1000 grãos, grãos cheios por panícula e da percentagem de grãos chochos.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste F a 5%, sendo avaliadas as variáveis entrada de água (E), herbicida (H), dose (D) e respectivas interações (ExH, ExD, HxD e ExHxD). Foram traçadas regressões lineares para observar o comportamento dos tratamentos.

Resultados e discussão

As variáveis matérias fresca e seca, número de grãos cheios por panícula, peso de 1000 grãos, percentagem de grãos chochos e rendimento de grãos não mostraram diferenças significativas entre tratamentos (dados não mostrados). Ao final do ciclo da cultura, ambos os herbicidas se mostraram eficazes e sem influência sobre os fatores determinantes do rendimento do arroz.

Mesmo com as alterações das matérias fresca e seca, o conteúdo de água (CA) foi reduzido com o aumento nas doses dos herbicidas. O CA da planta é utilizado como indicador de danos de herbicidas (WORT, 1964a). No entanto, pouco utilizado nas últimas décadas devido à resposta ser dependente de herbicida e espécie avaliados (WORT, 1964b). Trata-se de parâmetro sensível, podendo sofrer alterações antes mesmo que outras variáveis o sejam (WORT, 1964a), permanecendo como ferramenta na determinação de toxicidade.

Até a dose-limite indicada pela pesquisa para planossolo (54 g ha⁻¹), o arroz tratado com penoxsulam mostrou CA em torno de 2 a 3% acima dos valores obtidos com clomazone. Em dose maior, a redução tendeu a ser similar (**Figura 1**). Em trabalho anterior, o penoxsulam, aplicado no estágio inicial de desenvolvimento do arroz (V3-V4), reduziu em até 8% o conteúdo de água do sistema radical das plantas (CONCENÇO et al., 2004). No entanto, deve ser levado em consideração que, neste estágio, a água é fundamental para produzir pressão de turgescência e promover expansão celular (KRAMER, 1949; PEREIRA NETTO, 2002). Ao final do ciclo, quando a expansão celular é limitada, o CA pode sofrer alterações mais facilmente (CONCENÇO et al., 2004); ao final

do ciclo, a parte aérea também foi afetada.

Neste estudo, as diferenças no CA, com o incremento na dose de clomazone foram mais discretas, apesar de significativas (Figura 1). Além disso, as plantas de arroz tendem a se recuperar, normalmente, após a metabolização do clomazone, desde que sobrevivam ao dano inicial (VERNETTI JUNIOR. et al., 2001).

A densidade de plantas de angiquinho foi reduzida com o incremento na dose de ambos os herbicidas, em todas as épocas de início da irrigação (Figuras 2A, 2B e 2C). Entretanto, a densidade foi incrementada com o atraso na irrigação, especialmente para o herbicida clomazone (Figura 2D), salientando a importância da entrada de água imediata como forma de complementar o controle químico das plantas daninhas e evitar a emergência de novas plântulas, (MENEZES & ANDRES, 1997) principalmente em anos de baixa precipitação pluviométrica (FREITAS, 2004), além de satisfazer as necessidades de água para o adequado desenvolvimento das plantas de arroz (HORIGUCHI, 1995). O angiquinho pode ser controlado com bispyribac-sodium isolado ou em mistura com clomazone, porém o nível de controle depende principalmente da dose empregada, do momento de entrada de água após a aplicação e da infestação natural da área (HATSCHBACH et al., 2003).

É importante ressaltar que as plantas de angiquinho presentes quando do início da irrigação aos 19 DAE, de forma geral tinham maior tamanho (dados não mostrados), embora ocorressem em menor densidade (Figura 2A). Como o controle raramente alcança 100%, algumas plantas acabam sobrevivendo na área (ANDRES e MACHADO, 2004). Provavelmente, as plântulas dessa espécie na primeira época correspondam às sobreviventes aos tratamentos, enquanto o atraso da irrigação permitiu a emergência de nova camada (FIRBANK e WATKINSON, 1985), incrementando a densidade (Figura 2C).

O capim-arroz foi controlado, eficientemente, pelos herbicidas penoxsulam e clomazone, quando o início da irrigação ocorreu aos 19 e 24 DAE, em todas as doses testadas (Figuras 3A e 3B). No entanto, com irrigação aos 29 DAE a eficiência de controle foi baixa (< 80%) para clomazone em dose inferior a 400 g ha⁻¹ (Figura 3C). Logo, quando da utilização de clomazone, é prudente recomendar dose de pelo menos 345 g ha⁻¹, quando for necessário atrasar a irrigação além dos 24 DAE, considerando que o rendimento de grãos não foi reduzido com o incremento da dose. Desta forma, o clomazone permite o atraso da irrigação até os 24 DAE mantendo o nível de controle de capim-arroz (Figura 3D) e não prejudicando o rendimento de grãos.

Os herbicidas penoxsulam e clomazone usados em pré-emergência, independentemente da dose (Figuras 3A, B, C), foram eficientes no controle do capim-arroz e também na prevenção da reinfestação da lavoura de arroz até os 24 DAE (Figuras 3C e 3D).

As ciperáceas possuem alta capacidade de interferência na cultura do arroz quando em altas densidades (KEELEY, 1987). De forma geral, os herbicidas inibidores da ALS azimsulfuron, ciclosulfamuron, etoxysulfuron, metsulfuron, pyrazosulfuron e bispyribac são eficientes no controle das principais espécies de ciperáceas, *Cyperus difformis*, *C. esculentus*, *C. ferax* e *C. iria* (ANDRES e MACHADO, 2004). O controle dessas plantas daninhas com penoxsulam independeu da dose ou início da irrigação, o que significa que este princípio ativo poderia ser usado, com sucesso, isolado ou em mistura, em dose cheia ou mesmo abaixo das atualmente testadas pela pesquisa, sobre ciperáceas. O controle se situou ao redor de 97%, mesmo com o uso da metade da dose recomendada, associado com irrigação tardia. Isso comprova que o penoxsulam é alternativo de alta eficiência para o controle de *Cyperus* spp. com aplicação em pré-emergência, mantendo a seletividade ao arroz (Figura 4). Clomazone, por sua vez, não apresentou ação sobre ciperáceas.

O rendimento de grãos de arroz não foi influenciado por doses de herbicidas ou por épocas de entrada de água, alcançando valor médio de 8,3 t ha⁻¹, enquanto que para a testemunha infestada foi de 0,86 t ha⁻¹. Normalmente, ele é reduzido com o atraso da irrigação além do período recomendado, de 15 a 30 dias após a emergência (GOMES et al., 1987; GOMES et al., 1999), ou com a redução das doses dos herbicidas residuais.

Neste experimento, as condições do ambiente foram altamente favoráveis à ação dos herbicidas, pois no período compreendido entre as suas aplicações (um DAE) e a última época de início da irrigação (29 DAE), as chuvas foram abundantes e bem distribuídas, mantendo a umidade do solo em nível adequado. No período entre 29 DAE e o final do ciclo ocorreu seca, o que acarretou poucos dias nublados durante o ciclo da cultura, favorecendo a radiação incidente sobre as plantas de arroz e o ganho líquido da fotossíntese.

O uso dos herbicidas penoxsulam e clomazone, nas doses testadas em pré-emergência no arroz irrigado, permite o início da irrigação até 24 dias após a emergência, sem ocasionar prejuízos ao desenvolvimento da cultura ou no controle de plantas daninhas. Além disso, não afetam os componentes do rendimento, nem o rendimento final de grãos obtido em terras baixas de clima temperado.

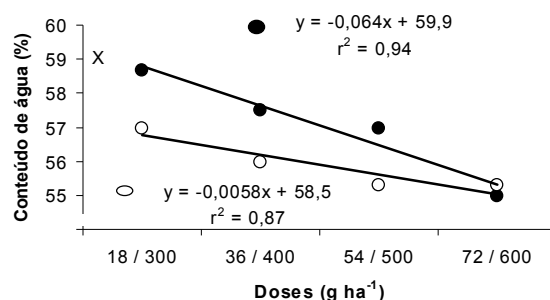


Figura 1. Conteúdo de água (%) na parte aérea de plantas de arroz BRS Pelota aos 100 dias após emergência (DAE), em função de doses dos herbicidas penoxsulam (●), clomazone (o) e testemunha (X). Média das épocas de início da irrigação. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão/RS, 2004/05. (H)x(D) = 5%; CV(a) = 15,0; CV(b) = 7,5%; CV(c) = 9,2%.

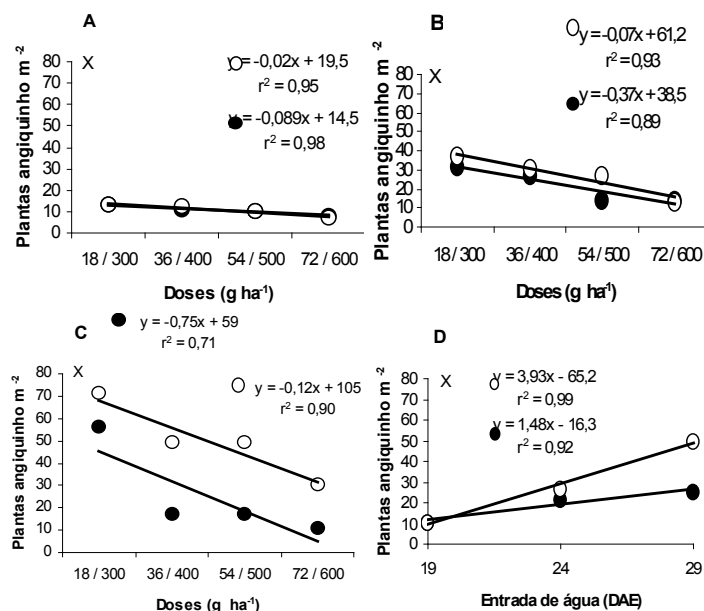


Figura 2. Densidade de plantas de angiquinho (*Aeschynomene* spp.) na cultura do arroz irrigado aos 100 dias após emergência (DAE), em função de doses dos herbicidas penoxsulam (●), clomazone (o) e testemunha (X) aos 19 (A), 24 (B) e 29 (C) DAE e épocas de início da irrigação (D). Em (A), (B) e (C), cada ponto representa a média de três entradas de água; em (D), cada ponto representa a média de quatro doses dos herbicidas. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão/RS, 2004/05. (E)x(H)x(D) = 5%; CV(a) = 29,6%; CV(b) = 30,5%; CV(c) = 27,2%.

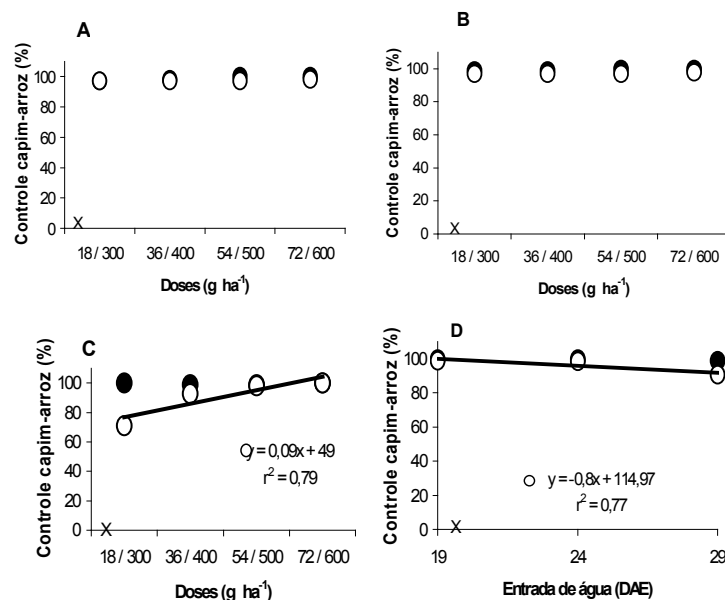


Figura 3. Controle do capim-arroz (*Echinochloa* spp.) na cultura do arroz irrigado aos 100 dias após emergência (DAE), em função de doses dos herbicidas penoxsulam (●), clomazone (o) e testemunha (X) aos 19 (A), 24 (B) e 29 (C) DAE e épocas de início da irrigação (D). Em (A), (B) e (C), cada ponto representa a média de três entradas de água; em (D), cada ponto representa a média de quatro doses dos herbicidas. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão/RS, 2004/05. (E)x(H)x(D) = 5%; CV(a) = 7,2%; CV(b) = 4,5%; CV(c) = 6,1%.

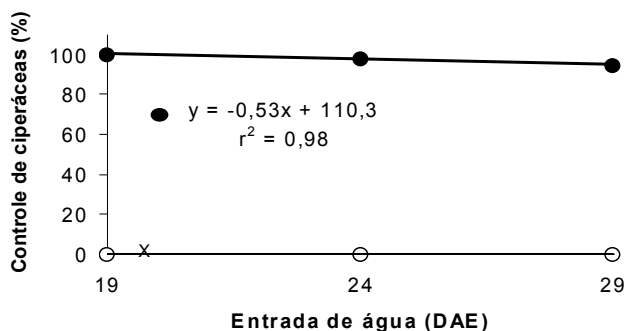


Figura 4. Controle de ciperáceas (*Cyperus* spp.) em arroz irrigado aos 100 dias após emergência (DAE), em função dos herbicidas penoxsulam (●), clomazone (o) e testemunha (X) e épocas de início da irrigação. Média das doses. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão/RS, 2004/05. (E)x(H) = 5%; CV(a) = 19,6%; CV(b) = 25,2%; CV(c) = 22,8%.

Seletividade do clomazone ao arroz irrigado com a utilização do protetor Permit e controle de plantas daninhas

Objetivos específicos

Este estudo teve por objetivo avaliar o tratamento de sementes com Permit para assegurar que as plantas de arroz irrigado não sofram injúrias com a aplicação de clomazone em doses superiores às indicadas.

Metodologia

Utilizou-se o sistema convencional de implantação da cultura, com o híbrido Tuno CL, na densidade de semeadura de 70 kg ha⁻¹. Previamente à semeadura, realizou-se tratamento de sementes com Permit na dose de 300g 100 kg⁻¹. As doses do herbicida Gamit estudadas foram 800, 1000, 1200 e 1500 mL ha⁻¹, comparadas com testemunha sem aplicação. Salienta-se que para solos, arenosos, com aproximadamente 1 % de matéria orgânica, doses acima de 800 mL ha⁻¹ não são indicadas. As parcelas mediram dois metros de largura por seis metros de comprimento, foram compostas por nove linhas de arroz. A aspersão do herbicida Gamit foi realizada um dia após a semeadura. As variáveis analisadas foram: controle de capim-arroz e do angiquinho e rendimento de grãos.

Resultados e discussão

Na safra 2005/06, ocorreu déficit hídrico no mês de novembro, que afetou o estabelecimento uniforme da cultura, dificultando os estudos com herbicidas pré-emergentes.

As plantas de angiquinho foram afetadas pela aplicação do herbicida clomazone; no entanto, após os sintomas iniciais de fitotoxicidade, nas doses até 1,2 L ha⁻¹ as plantas foram capazes de se recuperar e retomar o desenvolvimento.

A aplicação de clomazone em pré-emergência, em arroz tratado com Permit, foi eficiente no controle do capim-arroz. Observou-se que o tratamento de sementes possibilitou reduzir os sintomas da fitotoxicidade do uso de Gamit em arroz irrigado, não se destacando diferenças entre as doses deste; também

não interferiu na ação herbicida sobre as plantas daninhas. Salienta-se que em outro estudo (dados não publicados), plantas não tratadas com o protetor apresentaram até 58% de fitotoxicidade na dose de 1,5 L ha⁻¹ de Gamit.

Para o rendimento de grãos, obteve-se similaridade de resultados entre doses de Gamit (Figura 5). Isto sugere duas hipóteses, onde apesar de verificar pequenos índices de fitotoxicidade inicial (avaliação visual) para as doses de Gamit, podem ter ocorrido danos que comprometeram o desenvolvimento normal do híbrido, ou as poucas plantas de angiquinho não controladas por Gamit, ocasionaram competição significativa com o arroz. Já para o tratamento testemunha sem aplicação de clomazone, observou-se redução no rendimento de grãos em relação às parcelas tratadas.

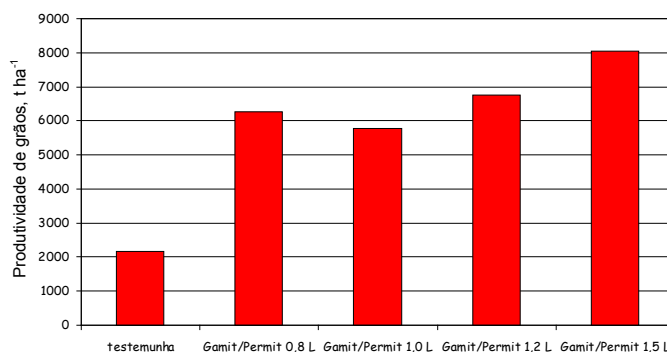


Figura 5. Produtividade de grãos de arroz irrigado, cv. Tuno CL, tratado com Permit, em resposta a aspersões, em pré-emergência, de clomazone. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2005/06.

ATV03 - Fluxo de emergência de plantas daninhas em área de cultivo de arroz irrigado após preparo inicial do solo

Objetivos específicos

O objetivo específico desta atividade foi o de monitorar a emergência das plantas daninhas em área de cultivo de arroz irrigado, com preparo do solo no sistema convencional de semeadura.

Metodologia

A atividade foi desenvolvida na Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão/RS, no ano agrícola de 2004/05. O experimento foi instalado em área sistematizada, de forma a evitar problemas de acumulação da água da chuva em pontos específicos. O preparo inicial do solo foi realizado com uma aração, uma gradagem e a utilização de rolo para homogeneizar e acomodar o solo. Imediatamente após o preparo inicial do solo, foram delimitadas 15 parcelas de 0,25m² cada, onde foram realizadas contagens semanais das plântulas emergidas de capim-arroz (*Echinochloa* sp.), arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.), angiquinho (*Aeschynomene* sp.) e papuã (*Brachiaria* sp.). Durante as contagens, as plântulas foram removidas, de forma a disponibilizar espaço para uma nova camada de emergência. O preparo ocorreu em 16 de novembro de 2004, sendo a primeira avaliação realizada em 23 de novembro de 2004, prosseguindo a cada sete dias, até 1º de março de 2005, quando se constatou emergência praticamente nula para as plantas daninhas avaliadas. Os dados foram tabulados e o valor final, para cada semana, foi composto pela média aritmética das 15 repetições, e expressos em plântulas por m².

Resultados e discussão

A planta daninha predominante foi o capim-arroz, que, após o preparo do solo, teve contabilizada uma emergência superior a 1.200 plântulas m⁻² na primeira semana após o revolvimento do solo (Figura 6). Resultado similar foi observado em experimento anterior (ANDRES e MENEZES, 1977), demonstrando que o capim-arroz, além de ser adaptado ao ecossistema de cultivo de arroz irrigado, é uma das principais infestantes desta cultura, podendo causar reduções acima de 80% no rendimento final de grãos (PINTO et al., 2004).

O arroz-vermelho, embora em menor número de plântulas, apresentou infestação significativa, com emergência tão rápida quanto a do capim-arroz, alcançando o pico de emergência também na primeira semana pós-preparo (Figura 7). Pelo potencial de dano que esta planta daninha possui, práticas de controle aplicadas nas primeiras semanas após o revolvimento do solo, poderiam contribuir significativamente para a redução de sua infestação (Figura 7).

O papuã, por sua vez, apresentou emergência retardada em relação ao

preparo inicial (pico na 4ª semana pós-preparo – Figura 8). No entanto, deve-se salientar que a área onde o estudo foi conduzido apresentou baixa infestação natural de papuã, em torno de três a quatro plantas por m².

O nível de infestação do angiquinho foi idêntico ao do arroz-vermelho (Figura 9). A partir de janeiro, o fluxo de emergência do capim-arroz foi cada vez menor (Figuras 6 a 9). Futuros estudos englobarão preparos semanais na área, avaliando tanto o efeito do preparo como da época de avaliação e umidade no solo.

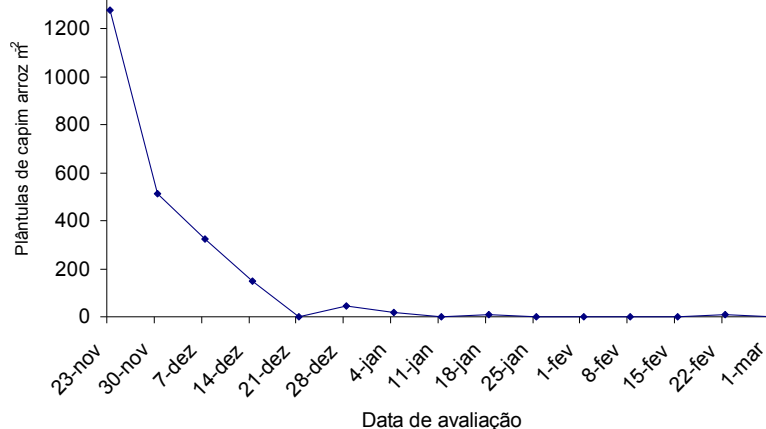


Figura 6. Emergência de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*) após preparo do solo, em área de arroz irrigado Embrapa Clima Temperado, 2005/06.

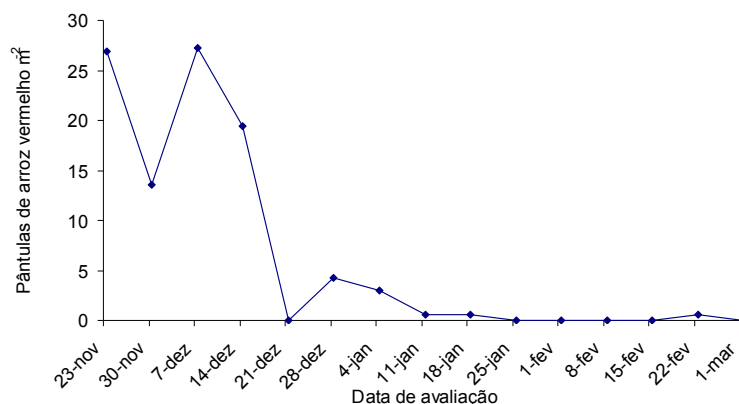


Figura 7. Emergência de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) após preparo do solo, em área de arroz irrigado. Embrapa Clima Temperado, 2005/06.

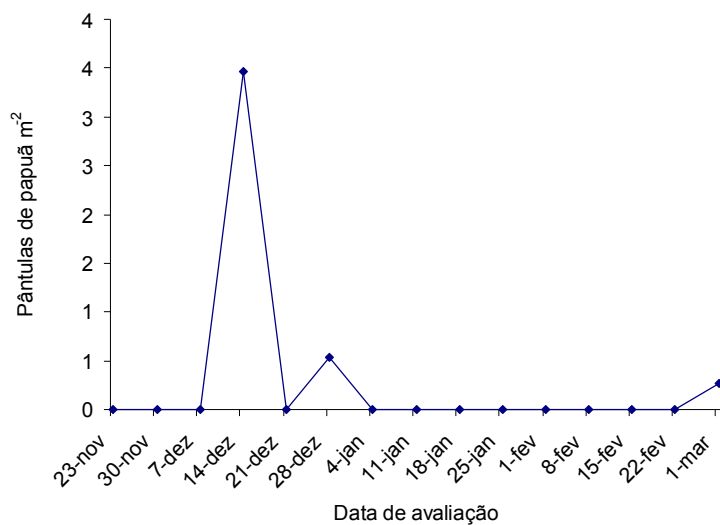


Figura 8. Emergência de papuã (*Brachiaria plantaginea*) após preparo do solo, em área de arroz irrigado. Embrapa Clima Temperado, 2005/06.

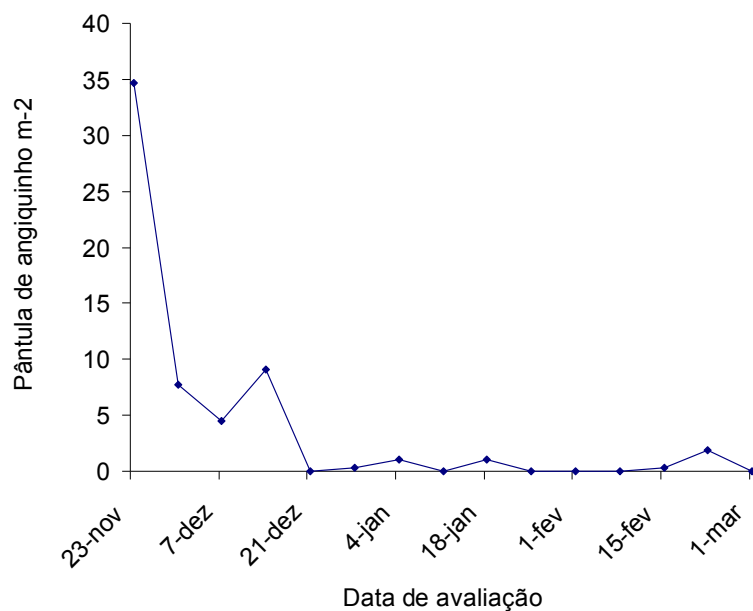


Figura 9. Emergência de angiquinho (*Aeschynomene* sp.) após preparo do solo, em área de arroz irrigado. Embrapa Clima Temperado, 2005/06.

Influência do capim-arroz *Echinochloa* spp. na infestação da bicheira-da-raiz *Oryzophagus oryzae* (costa lima) (col.: curculionidae) na cultura do arroz irrigado

Oryzophagus oryzae (COSTA LIMA, 1936) (Coleóptera: *Curculionidae*) é uma das espécies de insetos mais prejudiciais à cultura do arroz irrigado no Brasil. O inseto adulto, conhecido por gorgulho-aquático, alimenta-se nas folhas de plantas de arroz, raramente acarretando perdas econômicas. Oviposita em partes submersas das plantas, dando origem as larvas (bicheira-da-raiz), as quais, ao alimentarem-se das raízes causam danos de cerca de 10% à produtividade da cultura (MARTINS *et al.* 2004). Atualmente, o controle deste inseto-praga é realizado, principalmente, pelo inseticida carbofuran granulado aplicado cerca de 20 dias após a irrigação definitiva da cultura, visando o controle de larvas (MARTINS *et al.*, 1997). Além de insetos-praga, também há a interferência de plantas daninhas, que podem ocasionar perdas variáveis, basicamente, em função do sistema de implantação da lavoura, sendo que em áreas não controladas, a redução na produtividade pode chegar a 100%. Dentre estas, destaca-se o capim-arroz *Echinochloa* spp. (Poaceae), importante na cultura do arroz irrigado em função do seu alto potencial competitivo e, por conseguinte, das grandes perdas de produtividade que pode causar quando não controlada adequadamente. Além disso, em lavouras de arroz com maior potencial produtivo, os danos causados pela competição do capim-arroz são maiores, em relação àsquelas de menor potencial (ANDRES e MACHADO, 2004). Com base no exposto, pode-se constatar que a bicheira-da-raiz e o capim-arroz. são os representantes-chave, dentre as espécies de insetos-praga e plantas daninhas respectivamente, na cultura do arroz irrigado. Portanto, para o aprimoramento do manejo integrado desses agentes etiológicos, torna-se importante o conhecimento da possível relação entre os mesmos. Neste sentido, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a influência do capim-arroz na infestação da bicheira-da-raiz em três épocas de irrigação da cultura do arroz.

Metodologia

Esta atividade foi conduzida na área experimental da ETB, da Embrapa Clima Temperado, localizada em Capão do Leão, RS, no ano agrícola 2004/05. Utilizou-se o delineamento experimental blocos ao acaso com parcelas

subdivididas, segundo o esquema fatorial 3x3, com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por três (3) épocas de irrigação, sendo 19, 24 e 29 dias após a emergência (DAE) e as subparcelas por três (3) dosagens de herbicida a base de clomazone (0, 200 e 300 g de i.a. ha⁻¹). A semeadura foi realizada no dia 26/10/04 com a cultivar BRS Pelota na densidade de 150kg.ha⁻¹, com parcelas experimentais de 10m² (2m x 5m). A adubação e demais tratos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas para a cultura (ROLAS, 1989). O herbicida, nas respectivas dosagens, foi pulverizado um dia após a semeadura, com a utilização de equipamento propelido a CO₂ com pressão constante e bicos 110:015. A população larval foi avaliada aos 34 dias após a irrigação (DAI), nos respectivos tratamentos, retirando em cada parcela, de quatro amostras de solo e raízes auxiliado por amostrador (secção de cano de PVC) medindo 10 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P d" 0,05). Como a ANOVA não evidenciou interação significativa (P > 0,05) entre as dosagens de herbicida/nível de ocorrência de capim-arroz (OCA) e época de irrigação, realizou-se análise de regressão desconsiderando-se o efeito isolado deste fator.

Resultados e discussão

Independentemente do nível de ocorrência de capim-arroz (OCA), não houve influência significativa da época de irrigação (19, 24 e 29 DAE) na população de larvas de *O. oryzae* (Tabela 2). Embora, segundo Martins *et al.* (1997), a antecipação da irrigação por inundação possa favorecer a ocorrência de uma maior infestação de *O. oryzae*, em contraposição a uma condição de retardamento desta prática. A não observação deste efeito, neste trabalho, deve estar associada às intensas precipitações ocorridas no período de implantação da cultura, condição esta que poderia ter minimizado a diferenciação entre os respectivos tratamentos. Além deste aspecto, o pequeno intervalo entre as épocas de irrigação (cinco dias) também pode ter dificultado a observação do efeito significativo sobre a ocorrência do inseto. No entanto, constatou-se (Tabela 2) que a alta OCA (sem herbicida) leva à significativa diminuição do número de larvas de *O. oryzae*, independentemente da época de irrigação (19, 24 e 29 DAE) em relação à baixa OCA (300 g de i. a. ha⁻¹).

Tabela 2. Influência da ocorrência de capim-arroz (OCA) e da época de irrigação do arroz, em dias após a emergência das plantas (DAE), sobre a população de larvas (NL) de *Oryzophagus oryzae* aos 34 dias após a irrigação.

OCA/clomazone (g ha ⁻¹)	Época de irrigação			Média
	19DAE	24DAE	29DAE	
Alta / 0	6,4 aA	7,5 bA	6,2 aA	6,7 b
Média / 200	11,4 abA	15,2 aA	11,3 aA	12,7 a
Baixa / 300	14,3 bA	16,2 aA	9,4 aA	13,2 a
Média	10,7 A	13,0 A	8,9 A	10,9

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05).

Não há dúvida, porém, que a ocorrência de altas infestações de capim-arroz, embora desfavoreça às larvas de *O. oryzae*, tornaria inviável o cultivo de arroz irrigado em função da grande vantagem competitiva desta planta daninha. Contudo, se pode aventar a hipótese de que a ocorrência desta planta daninha, no sistema de cultivo plantio direto, poderia favorecer, mesmo após a dessecação, o manejo integrado da bicheira-da-raiz. Há necessidade, contudo, de estudos visando elucidar de que maneira as plantas usadas como palhada, no sistema plantio direto, poderiam interferir na ocorrência de larvas da referida praga.

Com base em análise de regressão linear (Figura 10), constatou-se que há uma correlação significativa e positiva entre a dose do herbicida clomazone (g de i.a ha⁻¹) e a população de larvas (NL). Em relação à OCA, se observou uma associação também significativa, porém negativa. Neste sentido, fica demonstrado que uma condição de alta infestação da planta daninha (sem herbicida – alta OCA) resulta em reduzido número de larvas de *O. oryzae*. Pela análise de correlação linear comprovou-se que a associação entre NL e OCA é inversa e significativa ($r = -0,99$), demonstrando o que já havia sido discutido com base nos dados apresentados na Tabela 2.

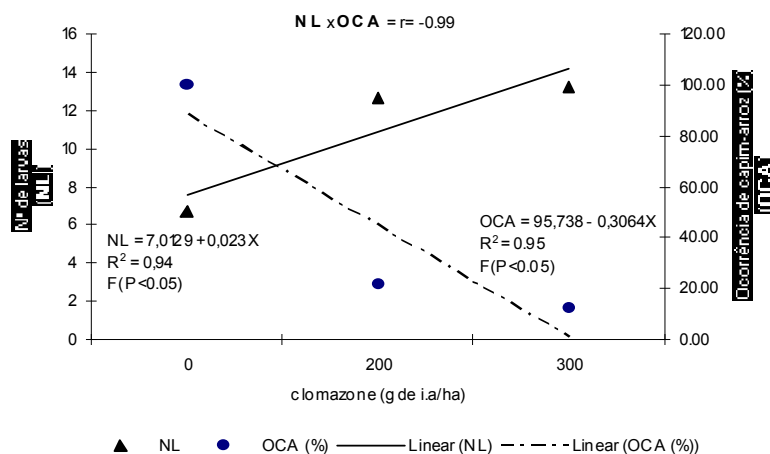


Figura 10. Associação entre dosagens do herbicida clomazone (g de i.a. ha⁻¹), número de larvas de *Oryzophagus oryzae* aos 34 dias após irrigação e ocorrência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.).

Considerações finais

Os herbicidas penoxsulam e clomazone, nas doses testadas em pré-emergência na cultura do arroz irrigado, permitem o início da irrigação até os 24 dias após emergência, aproximadamente no início do perfilhamento;

Os herbicidas penoxsulam e clomazone, não afetam os componentes do rendimento, nem o rendimento final de grãos da cultura do arroz;

Em áreas altamente infestadas por plantas daninhas o manejo da água de irrigação deve atender a necessidade dos herbicidas;

É possível se trabalhar com doses inferiores à recomendada de clomazone e penoxsulam, desde que a submersão seja precoce, situando-se até quatro folhas da planta do arroz irrigado;

O tratamento de sementes de arroz com o protetor Permit possibilita reduzir os sintomas de fitotoxicidade de clomazone;

Mais de 80% da emergência de capim-arroz ocorre nas três primeiras semanas após o preparo do solo;

O nível de controle de capim-arroz interfere na população de bicheira-da-raiz em arroz irrigado, uma vez que a elevada infestação da invasora diminui a presença de larvas do inseto-praga na cultura.

Referências

- ANDRES, A.; MENEZES, V. G. Rendimento de grãos de arroz irrigado em função de densidade de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*). In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais**. Itajaí: EPAGRI, 1997. p.429-430.
- ANDRES, A.; MACHADO, S. L. O. Plantas daninhas em arroz irrigado. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES Jr., A. M. (Eds.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 457-546.
- BEYER, E. M.; et al. Sulfonylureas. In: KEARNEY, P. C.; KAUFMAN, D. D. (Eds.). **Herbicides: chemistry, degradation, and mode of action**. New York: Marcel-Dekker, 1988. p. 117-190.
- CONCENÇO, G., LOPES, N.F.; ANDRES, A.; MORAES, D.M.; SANTOS, M.Q., RIEFFEL FILHO, J.A.; VILELLA, J.V. **Controle de plantas daninhas em arroz irrigado em função de doses de herbicidas pré-emergentes e início da irrigação**. Planta Daninha, v. 24, n. 2, p. 303-309, 2006
- CONCENÇO, G.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; ANDRES, A.; MELO, P.T.B.S.; GARCIA, C.A.N. Efeito do herbicida penoxsulam sobre o desenvolvimento inicial da cultivar de arroz BRS Pelota. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., Pelotas, 2004. **Anais**. Pelotas: UFPel, 2004. CD-ROM.
- FERRAZ, E. C. Fisiologia da cultura do arroz. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO, 1., 1983, Jaboticabal. **Anais**. Piracicaba: Instituto da Potassa, 1983. p. 77-90.
- FIRBANK, L. G.; WATKINSON, A. R. On the analysis of competition within two species mixtures of plants. **Journal Applied Ecology**, Oxford, v. 22, p. 503-517, 1985.
- FLECK, N. G.; et al. Manejo e controle de plantas daninhas em arroz irrigado. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e**

controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 251-321, 2004.

FREITAS, G. D. **Desempenho do arroz (*Oryza sativa* L.) cultivar BRS Pelota e controle de capim-arroz (*Echinochloa* sp.) submetidos a quatro épocas de entrada de água após aplicação de doses reduzidas de herbicidas.** 2004. 54 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Pelotas, 2004.

GOMES, A. S.; et al. Manejo de água em arroz irrigado: épocas de início da inundação do solo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 16., 1987, Florianópolis. **Anais.** Balneário Camboriú: EMPASC, 1987. p. 202-206.

GOMES, A. S.; PAULETTO, E. A.; PETRINI, J. A. **Arroz irrigado: manejo de água.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 16 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 16).

HATSCHBACH, M.; et al. Eficiência do herbicida bispyribac em mistura com clomazone no controle de *Echinochloa crusgalli* e *Aeschynomene denticulata* com entrada de água em duas épocas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais.** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 456-458.

HORIGUCHI, T. Rhizosphere and root functions. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. **Science of the rice plant: Physiology.** Tokio : Food and Agriculture Research Center, 1995. v 2, p. 221-248.

KEELEY, P. E. Interference and interaction of purple and yellow nutsedge (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*) with crops. **Weed Technology**, Champaign, v. 1, p. 74-81, 1987.

KRAMER, P. J. Structure and growth of roots. In: KRAMER, P. J. (Ed.). **Plant and soil water relationships.** New York: McGraw-Hill, 1949. p. 103-130.

LEITE, C. R. F.; ALMEIDA, J. C. V.; PRETE, C. E. C. **Aspectos fisiológicos, bioquímicos e agrônômicos dos herbicidas inibidores da enzima ALS (AHAS).** Londrina: Grafmark 1998. 68 p.

MARTINS, J.F.S.; GRUTZMACHER, A.D.; CUNHA, U.S. Descrição e manejo integrado de insetos-praga em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES Jr., A.M. (Ed.) **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília - DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.635-675.

MARTINS, J.F. S.; VERONEZ, A.B.C.; CARBONARI, J.J. Manejo Integrado do gorgulho-aquático [*Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936)] na cultura do arroz irrigado: Situação atual e perspectivas futuras. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS-DE-SOLO, 6., 1997. Santa Maria. **Anais e Ata**. Santa Maria: RS, UFSM-CCR, 1997. p. 6

MENEZES, V. G.; ANDRES, A. Controle de *Echinochloa crusgalli* em diferentes épocas em duas cultivares de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais**. Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 411-413.

MULUGETA, D.; STOLTENBERG, D.E. Increased weed emergence and seed bank depletion by soil disturbance in a no-tillage system. **Weed Science**, Ithaca, v.45, p. 234-241, 1997.

NAVARRO JUNIOR., H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 269-274, 2002.

NOLDIN, J. A. Controle de arroz vermelho no sistema de semeadura em solo inundado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 41, p. 11-13, 1988.

PEREIRA-NETTO, A. B. Crescimento e desenvolvimento. In: WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I. N. (Ed.). **Fisiologia vegetal: produção e pós-colheita**. Curitiba: Champagnat, 2002. p. 17-42.

PINTO, J.J.O.; ROSENTHAL, M.D'A.; REZENDE, A.L.; LAZAROTTO, C.A.; MUNOZ, E.R.; GALON, L.; DAL MAGRO, T.; MISTURA, C.C. Controle de capim-arroz com o herbicida penoxsulam aplicado em pós-emergência da cultura do arroz e das plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Anais**. Londrina: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.

Rede Oficial dos Laboratórios de Análise de solos e Tecido Vegetal (ROLAS) - Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC. **Recomendação da adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa**

Catarina. 2.ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1989. 128 p.

VERNETTI JUNIOR., F. J.; et al. Efeito de herbicidas no estabelecimento inicial da cultura do arroz irrigado, em sistema pré-germinado: clomazone. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., Porto Alegre, 2001. **Anais.** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 490-493.

WORT, D. J. Effects of herbicides on plant composition and metabolism. In: AUDUS, L. J. (Ed.). **The physiology and biochemistry of herbicides.** New York: Academic Press, 1964a. p. 291-334.

WORT, D. J. Responses of plants to sublethal concentrations of 2,4-D, without and with added minerals. In: AUDUS, L. J. (Ed.). **The physiology and biochemistry of herbicides.** New York: Academic Press, 1964b. p. 335-342.

Capítulo 02

*Walkyria Bueno Scivittaro
Algenor da Silva Gomes
José Francisco da Silva Martins
Sílvia Steinmetz*

Manejo da água e da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado

Introdução

As áreas de várzea do Rio Grande do Sul contribuem significativamente para a produção nacional de grãos, em especial de arroz, produzido predominantemente no sistema irrigado por inundação. A produtividade média atual da cultura, de cerca de 6,5 t ha⁻¹, está aquém do potencial das cultivares utilizadas, podendo ser elevada substancialmente pelo aprimoramento do sistema produtivo. Nesse contexto, o manejo da adubação desempenha papel preponderante, visto que o emprego de quantidades suficientes e equilibradas de nutrientes pode propiciar aumentos significativos em produtividade.

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelo arroz, proporcionando os maiores retornos em produtividade (SNYDER e SLATON, 2001). No entanto, o ambiente no qual o arroz irrigado é cultivado gera instabilidade na maioria das formas inorgânicas do nutriente. O nitrogênio amoniacal está sujeito à volatilização, enquanto que a forma nítrica, sob condições de anaerobiose, pode ser perdida por desnitrificação. Ambas podem ser convertidas à forma orgânica, por imobilização microbiana. Essa complexa dinâmica reflete diretamente na eficiência de recuperação do nitrogênio de

fertilizantes minerais pela cultura, que é bastante variável, raramente excedendo 50% da quantidade aplicada (FILLERY et al., 1984; SCIVITTARO et al., 2002).

A situação descrita é preocupante, pois a baixa eficiência das adubações nitrogenadas, além de limitar a produtividade e aumentar o custo de produção, pode ocasionar problemas de poluição ambiental. Assume, portanto, grande importância a adequação do sistema produtivo, visando a elevação da eficiência de utilização de nitrogênio pelo arroz, mediante o aprimoramento das práticas de manejo.

No Rio Grande do Sul, para o sistema de semeadura em solo seco, que é praticado em mais de 90% da área cultivada com arroz, o manejo tradicional do nitrogênio consiste na aplicação de uma pequena parte do fertilizante (usualmente uréia) na semeadura e o restante, em cobertura, parcelado entre o início do perfilhamento (a partir da emissão da quarta folha, que ocorre em torno de 20 a 30 dias após a emergência das plântulas) e a diferenciação da panícula ("ponto de algodão") (SOSBAI, 2005). Esse manejo está sujeito a perdas, visto que o nitrogênio aplicado na semeadura é oxidado a nitrato no período que antecede a submersão do solo, podendo ser perdido por desnitrificação após essa operação (NORMAN et al., 1992a). Da mesma forma, o aproveitamento de nitrogênio pelo arroz é pequeno, quando o adubo é aplicado sobre a lâmina de água nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, em razão de perdas por volatilização de amônia; porém, pode aumentar bastante pela aplicação em profundidade, nessa fase, ou em cobertura, em estádios mais adiantados, quando a demanda da planta é maior (FILLERY et al., 1984; NORMAN et al., 1992b). Uma outra possibilidade consiste em colocar parte do fertilizante anteriormente à entrada de água na lavoura, de forma que a água de irrigação promova sua incorporação ao solo, e o restante, por ocasião da diferenciação da panícula sobre a lâmina de água (NORMAN et al., 1992a; SOSBAI, 2005).

A eficiência dessa alternativa de manejo e dos fatores que nela interferem são praticamente desconhecidos da pesquisa nas condições de cultivo do Rio Grande do Sul, requerendo uma avaliação mais aprofundada. Nesse sentido, alguns aspectos destacam-se como preponderantes: o efeito da dose de nitrogênio, da condição de umidade do solo e do intervalo de tempo entre a aplicação do fertilizante nitrogenado e o alagamento do solo sobre as perdas de N por volatilização de amônia e seus reflexos sobre a utilização de N e a produtividade de grãos do arroz.

Outro problema associado ao manejo da adubação nitrogenada diz respeito à época de entrada de água nas lavouras de arroz. A água de irrigação

responde por cerca de 15% do custo total de produção da cultura, constituindo-se em um insumo bastante oneroso (GOMES e AZAMBUJA, 2003). Essa situação tende a agravar-se com a implementação da taxaço prevista pela Lei das Águas, junto ao setor agrícola. Ademais, dificuldades operacionais normalmente condicionam atrasos na submersão do solo relativamente ao início do perfilhamento, estágio recomendado pela pesquisa. Por essas razões, um questionamento freqüente de produtores refere-se à possível economia de água, bem como às implicações advindas do atraso na entrada de água e, por conseguinte, na adubação nitrogenada para o arroz irrigado.

Ainda com relação ao aprimoramento do manejo do nitrogênio, são requeridos estudos que incluam variações de doses, parcelamento, épocas e modos de aplicação do fertilizante nitrogenado, de forma associada às atuais práticas de manejo da cultura, em especial o controle de plantas daninhas e de insetos praga, com vistas à otimização do uso desse insumo pelo arroz e à sustentabilidade do sistema produtivo.

Com base no exposto, desenvolveu-se este estudo com o objetivo de gerar e adaptar práticas sustentáveis de manejo da adubação nitrogenada para o arroz irrigado, de forma associada ao manejo da água de irrigação.

Material e metodos

O estudo compreendeu três atividades de campo, realizadas em três safras agrícolas consecutivas, a partir de safras 2003/04, em Planossolo Hidromórfico eutrófico solódico (SISTEMAS, 1999), localizado na Estação Experimental Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS.

Manejo da água e da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado

Nesta atividade avaliou-se o efeito de quatro épocas de entrada de água [0; 7; 14 e 21 dias após o início do perfilhamento - a partir da emissão da quarta folha (V4)], associadas a variações no manejo da adubação nitrogenada em cobertura. Na primeira safra (2003/04), a dose referência (DR) de nitrogênio foi de 90 kg ha⁻¹, estabelecida com base nos resultados da análise de solo e nas recomendações de adubação para a cultura (COMISSÃO, 1995). Nas duas safras seguintes, a dose referência do nutriente passou a ser 120 kg ha⁻¹, atendendo à atualização das recomendações de adubação para o arroz irrigado (SOCIEDADE, 2004). Os manejos de N avaliados compreenderam um

tratamento testemunha sem a aplicação do nutriente e três parcelamentos da adubação em cobertura, sendo: a) 1/3 DR aplicada no início do perfilhamento antecedendo a entrada de água (V4) e 2/3 DR aplicada na diferenciação da panícula sobre a lâmina de água (DP); b) 1/2 DR em V4 e 1/2 DR na DP; e c) 2/3 DR em V4 e 1/3 DR na DP. Como fonte de nitrogênio, utilizou-se uréia (44% de N). Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo o fator época de entrada de água alocado nas parcelas principais e o fator manejo do nitrogênio, nas parcelas secundárias. As unidades experimentais apresentaram as seguintes dimensões: 1,93 m x 5,0 m.

Em todas as três safras, semeou-se o arroz em sistema convencional de cultivo, adotando-se um espaçamento entre linhas de 17,5 cm e densidades de 130 a 150 kg ha⁻¹ de sementes. As épocas de semeadura seguiram o zoneamento agroclimático da cultura (STEINMETZ et al., 2001). Nas safras 2003/04 e 2004/05, utilizou-se a cultivar BRS 7 Taim e na safra 2005/06, a cultivar BRS Pelota. Esta alteração visou à eliminação do efeito do material genético sobre os resultados. As adubações de plantio consistiram em aplicações de fontes de fósforo (superfosfato triplo) e de potássio (cloreto de potássio), em doses definidas com base nas recomendações para o arroz irrigado (COMISSÃO, 1995; SOCIEDADE, 2004), para a primeira safra e segunda e terceira safras, respectivamente. Esses fertilizantes foram aplicados a lanço e incorporados, na camada de 0 a 15 cm de profundidade. O controle de plantas daninhas e de insetos-praga e os demais tratos culturais seguiram as indicações técnicas da pesquisa para a cultura (SOSBAI, 2003; 2005).

Para a avaliação dos tratamentos, determinou-se o efeito da época de entrada de água sobre a duração dos estádios de desenvolvimento: V4 (início do perfilhamento); R1 (diferenciação da panícula); R4 (início da floração) e R9 (maturação completa dos grãos), definidos de acordo com a escala de Counce et al. (2000). Exclusivamente na primeira safra, monitorou-se a incidência de larvas de gorgulho-aquático (*Oryzophagus oryzae*), por meio de amostragens de solo e de raízes realizadas aos 15 e 35 dias após a entrada de água, seguindo procedimentos descritos em Martins et al. (2001). Nas demais safras, esta avaliação foi suprimida em razão da realização de controle preventivo do inseto, cujos danos afetaram intensamente o desempenho da cultura na safra 2003/04. Avaliou-se, ainda, o estado nutricional da cultura, por meio de determinações periódicas ao longo do ciclo, do índice de área foliar e do teor de N e do índice relativo de clorofila na folha índice do arroz. Adicionalmente, no primeiro cultivo, realizou-se por ocasião do florescimento pleno a determinação dos teores de N; P; K; Ca; Mg; B; Cu; Fe; Mn e Zn no tecido vegetal. Para tanto, coletaram-se as folhas bandeira e anterior de 36 plantas por parcela, as quais

foram analisadas segundo métodos descritos em (Freire, 2001). O índice de área foliar foi medido em uma amostra de 30 perfilhos, utilizando-se o integrador de área foliar LICOR modelo LI3000. Os valores obtidos foram expressos com base na massa de matéria seca dos perfilhos. A determinação do teor de N na folha foi realizada seguindo método descrito em Freire (2001). O índice relativo de clorofila foi medido em clorofilômetro SPAD 502 - Minolta, resultando da média de três posições (basal, intermediária e apical) da folha índice (penúltima completamente desenvolvida) de cinco plantas por unidade experimental. O desempenho produtivo e a utilização de nitrogênio pela cultura foram determinados por ocasião da maturação completa dos grãos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística, comparando-se as médias do fator época de entrada de água por análise de regressão polinomial e as do fator manejo da adubação nitrogenada pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Interação entre manejo da água e da adubação nitrogenada na cultura do arroz irrigado: fatores interferentes

Esta atividade teve por objetivo a avaliação da influência da umidade do solo e do intervalo de tempo decorrido desde a aplicação do fertilizante nitrogenado no início do perfilhamento até a submersão do solo sobre as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e sobre o desempenho produtivo e a acumulação de nitrogênio pelo arroz.

Na primeira safra (2003/04), a atividade foi estabelecida de acordo com o planejamento inicial. Porém, sofreu modificações metodológicas nas safras seguintes, em razão da necessidade de atender a outras demandas de pesquisa associadas à temática do experimento, levantadas durante a **vigência do projeto**.

Assim, na safra 2003/04, os tratamentos compreenderam as combinações de duas condições de umidade do solo [solo seco (umidade \cong 16%) e solo saturado (umidade \cong 24%)] e quatro intervalos de tempo entre a adubação nitrogenada no início do perfilhamento e a entrada de água definitiva na lavoura (0; 3; 6 e 9 dias). Estes foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais, alocou-se o fator umidade do solo e nas subparcelas, o fator intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água. As unidades experimentais apresentaram dimensões de 1,93 m x 5,0 m. A entrada de água

definitiva ocorreu simultaneamente para todos os tratamentos no início do perfilhamento, estágio V4-V5 (COUNCE et al., 2000). As diferenças nos períodos entre a cobertura nitrogenada e a entrada de água foram obtidas por meio de variações nas épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Por sua vez, a condição de solo saturado foi obtida mediante a irrigação das parcelas experimentais, por inundação intermitente, com antecedência de um dia das adubações nitrogenadas.

A dose de nitrogênio foi estabelecida de acordo com os resultados da análise de solo e seguindo as recomendações para a cultura (COMISSÃO, 1995), consistindo na aplicação de 90 kg ha⁻¹ do nutriente, na forma de uréia. Metade dessa dose foi aplicada antecedendo à entrada de água na lavoura, de acordo com os tratamentos, e o restante, por ocasião da diferenciação da panícula, sobre uma lâmina de água não circulante.

A semeadura do arroz, cultivar BRS Pelota, foi realizada em 27/10/03, em sistema convencional de preparo do solo, utilizando-se um espaçamento entre linhas de 17,5 cm e uma densidade de 125 kg ha⁻¹ de sementes. Como adubação de semeadura, aplicaram-se a lanço e incorporaram-se 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). O controle de plantas daninhas e de pragas de solo, bem como os demais tratos culturais seguiram as indicações da pesquisa para o arroz irrigado (SOSBAI, 2003).

Os tratamentos foram avaliados pela determinação do índice de área foliar, teor de nitrogênio na parte aérea e índice relativo de clorofila na folha índice do arroz, nos estádios diferenciação da panícula e florescimento pleno. Os procedimentos envolvidos nessas avaliações foram semelhantes aos descritos para o Experimento 1. No florescimento pleno, realizou-se, ainda, uma amostragem de planta para avaliação do estado nutricional da cultura, coletando-se as folhas bandeira e anterior de 36 plantas por parcela, as quais foram analisadas para determinação dos teores de N; P; K; Ca; Mg; B; Cu; Fe; Mn e Zn (FREIRE, 2001). Na maturação fisiológica, determinou-se a estatura de planta; número de perfilhos; produtividade de grãos; peso de 1000 grãos; esterilidade de espiguetas e o rendimento de engenho. Os dados foram submetidos à análise de variância, comparando-se o efeito do fator umidade do solo pelo teste de Duncan ($p < 0,05$) e do fator intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água, por análise de regressão polinomial ($p < 0,05$).

As principais alterações experimentais implementadas na safra 2004/05 foram: inclusão do uso do inibidor de urease NBPT, perfazendo duas fontes de nitrogênio avaliadas (uréia e Agrotain®), e redução para três intervalos de tempo

entre a adubação nitrogenada no início do perfilhamento e a entrada de água na lavoura, que passaram a ser 1; 5 e 10 dias. Ademais, focou-se o experimento no desenvolvimento e validação de metodologia para avaliação de perdas de nitrogênio dos fertilizantes por volatilização de amônia.

Nesta safra, substituiu-se a cultivar de arroz para BRS 7 Taim e elevou-se a dose de nitrogênio para 120 kg ha^{-1} , atendendo as novas recomendações de adubação para o arroz irrigado (SOCIEDADE, 2004). Esta foi dividida em duas aplicações, no início do perfilhamento e na diferenciação da panícula. Na primeira época, aplicaram-se 90 kg ha^{-1} de N antecedendo a entrada de água e na segunda, 30 kg ha^{-1} de N sobre a lâmina de água. Por ocasião das adubações nitrogenadas no início do perfilhamento, determinou-se a umidade gravimétrica do solo, coletando-se quatro subamostras, na profundidade de 0-10 cm, das parcelas relativas aos tratamentos com solo seco e saturado.

A semeadura do arroz foi realizada em 27/10/04, utilizando-se uma densidade de 130 kg ha^{-1} de sementes. Como adubação de semeadura, aplicaram-se a lanço e incorporaram-se 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato triplo) e 60 kg ha^{-1} de K_2O (cloreto de potássio). Para complementar a dose prevista de potássio, aplicou-se, na diferenciação da panícula, 20 kg ha^{-1} de K_2O , como cloreto de potássio (SOCIEDADE, 2004). Os demais tratos culturais seguiram as indicações da pesquisa para o arroz irrigado (SOSBAI, 2003).

A avaliação das perdas de nitrogênio por volatilização de amônia da uréia e Agrotain® foi realizada utilizando-se câmaras de volatilização instaladas nas parcelas em que a primeira cobertura com N antecedeu em 10 dias a submersão do solo. As câmaras foram construídas seguindo modelo de Nömmik (1973) modificado. As determinações de amônia volatilizada foram feitas aos 2; 5; 10; 15 e 20 dias após a aplicação dos fertilizantes, sendo as duas últimas realizadas após a submersão do solo. Avaliou-se, ainda, o desempenho produtivo e a utilização de nitrogênio pelo arroz irrigado.

Os procedimentos utilizados na safra 2005/06 assemelharam-se aos descritos para a safra anterior, incluindo-se, porém, variações nas doses de nitrogênio avaliadas, que foram três: 40; 80 e 120 kg ha^{-1} . Nesta safra, voltou-se a utilizar a cultivar BRS Pelota, que foi semeada em 1º de novembro de 2005, em uma densidade de 125 kg ha^{-1} de sementes. A adubação de semeadura consistiu na aplicação a lanço e incorporada de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 , como superfosfato triplo, e 80 kg ha^{-1} de K_2O , como cloreto de potássio (SOCIEDADE, 2004). Como nas safras anteriores, os tratos culturais seguiram as indicações técnicas da pesquisa para o arroz irrigado (SOSBAI, 2005).

As variáveis medidas foram: nitrogênio dos fertilizantes volatilizado, teor de nitrogênio e índice relativo de clorofila na folha índice do arroz, determinados uma semana após as adubações nitrogenadas em cobertura, no início do perfilhamento e na diferenciação da panícula, bem como no florescimento pleno. Ademais, avaliou-se a produtividade de grãos e seus componentes e a utilização de nitrogênio pela cultura.

Doses e parcelamento da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado

Nesta atividade avaliou-se a influência de variações na dose e no parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura sobre o estado nutricional, desempenho produtivo e a utilização de nitrogênio pelo arroz irrigado.

Nas duas primeiras safras, a atividade compreendeu a combinação de três doses de nitrogênio aplicadas no início do perfilhamento e na diferenciação da panícula, quais foram: 0; 30 e 60 kg ha⁻¹. Em razão dos resultados obtidos nessas duas safras, demonstrando que o potencial de resposta da cultura ao nutriente é superior ao das doses avaliadas, especialmente no início do perfilhamento, optou-se por ampliar os níveis de adubação praticados na safra 2005/06. Desta forma, na última safra, avaliaram-se cinco doses de N no início do perfilhamento (0; 30; 60; 90 e 120 kg ha⁻¹) associadas a três doses de N na diferenciação da panícula (0; 45 e 90 kg ha⁻¹). Em todas as três safras, os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas, foi alocado o fator dose de N no perfilhamento e nas subparcelas, o fator dose de N na diferenciação da panícula. As unidades experimentais apresentaram dimensões de 1,93 m x 5,0 m. Em ambas as aplicações, utilizou-se uréia como fonte de nitrogênio. A primeira cobertura com nitrogênio foi realizada em solo seco, imediatamente antes da entrada de água nas parcelas.

As cultivares de arroz utilizadas no experimento foram BRS 6 Chuí, BRS 7 Taim e BRS Querência, nas safras 2003/04, 2004/05 e 2005/06, respectivamente. No primeiro cultivo, a semeadura do arroz foi tardia, em 12/12/2003, devido à ocorrência de uma primavera muito chuvosa, impedindo a semeadura no período recomendado (STEINMETZ et al., 2001). Nas safras seguintes, porém, esta seguiu a recomendação, ocorrendo em 28/10/2004 e 01/11/2005. Como adubação básica de semeadura, aplicaram-se, da primeira para a terceira safra: 300 kg ha⁻¹ da fórmula 0-20-20 (COMISSÃO, 1995); 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de K₂O e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O

(SOCIEDADE, 2004). Nas duas últimas safras, utilizou-se, como fonte de fósforo e potássio, respectivamente, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Os demais tratos culturais (manejo da água de irrigação, controle de plantas daninhas e de insetos-praga) seguiram as indicações da pesquisa para a região Sul (SOSBAI, 2003; 2005).

A resposta da planta à adubação nitrogenada foi avaliada pelo teor de N e índice relativo de clorofila na folha índice do arroz e pela área foliar, os quais foram medidos periodicamente ao longo do ciclo da cultura. Os procedimentos envolvidos nessas avaliações foram semelhantes aos relatados para o Experimento 1. Por ocasião da maturação completa dos grãos, determinou-se a produtividade de grãos, componentes desta e a acumulação de nitrogênio pelo arroz.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística, comparando-se as médias dos fatores dose de nitrogênio no perfilhamento e na diferenciação da panícula pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). Adicionalmente, realizaram-se análises de correlação para estabelecer os coeficientes de correlação entre as variáveis dependentes (produtividade de grãos e acumulação total de nitrogênio pelas plantas de arroz) e independentes (área foliar, teor de N e índice relativo de clorofila na folha índice do arroz, nas diferentes épocas de amostragem), visando determinar o estágio de desenvolvimento da planta em que esses parâmetros melhor se correlacionam com a produtividade da cultura.

Resultados e discussão

Manejo da água e da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado

Safra 2003/04

A análise dos indicadores do nível de nitrogênio na planta indicou significância da interação entre os fatores época de entrada de água e manejo da adubação nitrogenada exclusivamente para a variável índice relativo de clorofila (IRC) na folha, determinada no estágio V7-V8. Na avaliação realizada por ocasião do florescimento, essa variável foi influenciada, apenas, pela época de entrada de água. Este efeito também se manifestou para a variável índice de área foliar (IAF), quando da determinação realizada no florescimento. Em ambas as épocas de avaliação, V7-V8 e florescimento, o IAF e o teor de N na parte aérea do arroz, sofreram influência do manejo da adubação nitrogenada.

Em V7-V8, o efeito do manejo da adubação nitrogenada sobre o índice relativo de clorofila na folha ocorreu apenas para as duas últimas épocas de entrada de água. Quando esta ocorreu 14 dias após V4, maiores IRC foram determinados os tratamentos M45-45 e M60-30, que não diferiram, porém, da testemunha sem aplicação de N. Este tratamento foi equiparado, também, por M30-60, que apresentou menor valor de IRC. Para a época 21 dias após V4, o tratamento M60-30 promoveu maior IRC, sendo equiparado pelo manejo M45-45, que não diferiu de M30-60, com desempenho intermediário e superior ao da testemunha sem adubação nitrogenada (M0-0) (Tabela 1). O comportamento verificado indica a sensibilidade do IRC para avaliar o nível de N na planta, bem como que as leituras realizadas são, de forma geral, proporcionais à dose do nutriente fornecida à planta. Vale ressaltar, porém, que essa avaliação reflete o efeito da primeira cobertura com nitrogênio, no início do perfilhamento, uma vez que a segunda cobertura foi realizada na diferenciação da panícula.

Tabela 1. Índice relativo de clorofila na folha índice do arroz, em função da época de entrada de água e do manejo da adubação nitrogenada. Avaliação realizada no estádio V7-V8.

N(Perf.)/N(DP) ¹ kg ha ⁻¹	Época de entrada de água, dias após V4			
	0	7	14	21
0 / 0	27,3a	26,9a	27,1ab	26,2c
30 / 60	27,4a	27,8a	25,6b	28,0b
45 / 45	27,7a	25,4a	27,7a	29,1 ab
60 / 30	27,6a	26,9a	27,4a	30,2a
CV [época de entrada de água] = 3,9%		CV [Manejo N] = 4,4%		

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

O efeito da época de entrada de água sobre o índice relativo de clorofila na folha, medido no florescimento, foi descrito pela equação: $y = 0,119x + 28,559$; $R^2 = 0,72^{**}$; que demonstra aumento do IRC em resposta ao atraso na entrada de água após o estádio V4. Atribui-se tal comportamento ao maior desenvolvimento radicular e, por conseguinte, ao aumento na absorção de N, decorrente da manutenção da planta por período maior longo sob condições de solo drenado.

Em ambas as avaliações, o efeito do manejo da adubação nitrogenada sobre o índice de área foliar esteve relacionado à realização de cobertura com N. Assim, o tratamento sem aplicação do nutriente (M0-0) teve desempenho

inferior aos demais, independentemente do parcelamento da adubação entre o início do perfilhamento e a diferenciação da panícula (Tabela 2), demonstrando a importância do nitrogênio para o desenvolvimento da planta de arroz.

Com relação à variável teor de N na parte aérea do arroz, no estágio V7-V8, maior teor do nutriente foi determinado para o manejo M45-45, superando os demais que não diferiram entre si. Por sua vez, no florescimento, o tratamento M60-30 foi o que apresentou maior teor de N, seguido pelos demais, com desempenho semelhante entre si (Tabela 2). Tais resultados devem estar associados, por um lado, à ocorrência de efeito de diluição e, por outro, às variações no parcelamento da adubação nitrogenada. Deve-se esclarecer, ainda, que essa variável não é a mais sensível para avaliar o nível de N na planta, expressando não apenas a concentração do nutriente na planta, mas também a quantidade absorvida e as diluições envolvidas. Em razão desse fato, nas safras seguintes, a variável foi substituída pelo teor de N na folha índice, que avalia o estado nutricional da planta, no momento da amostragem.

Tabela 2. Índice de área foliar (IAF) e teor de nitrogênio na parte aérea (N) do arroz, em função do manejo da adubação nitrogenada. Avaliações realizadas em V7-V8 e no florescimento.

(Perf.)/N(DP) ¹ kg ha ⁻¹	IAF		N	
	V7-V8	Florescimento	V7-V8	Florescimento
	cm ² cm ⁻²		g kg ⁻¹	
0 / 0	0,69b	1,45b	1,53b	0,73b
30 / 60	0,86a	2,03a	1,55b	0,82a
45 / 45	0,88a	2,08a	1,71a	0,77b
60 / 30	0,95a	2,00a	1,55b	0,76b
CV, %	21,4	22,0	10,4	7,6

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Com relação à avaliação do estado nutricional do arroz por ocasião do florescimento, significância da interação entre os fatores época de entrada de água e manejo da adubação nitrogenada foi verificada para os teores foliares de potássio e cálcio. Os teores de nitrogênio e fósforo foram influenciados, apenas, pelo fator época de entrada de água e os de manganês, pelo fator manejo da adubação nitrogenada. Para os demais nutrientes, não houve efeito dos tratamentos, sendo determinados, como

valores médios do experimento, os teores: 0,13 g kg⁻¹ de Mg; 17 mg kg⁻¹ de B; 3 mg kg⁻¹ de Cu; 122 mg kg⁻¹ de Fe e 9 mg kg⁻¹ de Zn.

Os teores foliares de N e P aumentaram a medida em que se atrasou a entrada de água e, conseqüentemente, a cobertura com nitrogênio no perfilhamento do arroz. Os efeitos observados ajustaram-se, respectivamente, aos modelos lineares: $y = 1,993 + 0,0095x$, $R^2 = 0,80^{**}$ e $y = 0,204 + 0,0014x$, $R^2 = 0,99^{**}$. Quanto aos teores de potássio, apenas no tratamento com omissão de adubação nitrogenada, verificou-se efeito da época de entrada de água. Também neste caso, houve aumento no teor do nutriente na planta em resposta ao atraso na época de entrada de água, sendo os dados descritos pelo modelo: $y = 1,148 + 0,0064x$, $R^2 = 0,89^*$. O efeito do manejo da adubação nitrogenada manifestou-se, apenas, na primeira época de entrada de água, onde menor teor do nutriente foi observado no tratamento com omissão de adubação nitrogenada, relativamente aos demais, que não diferiram entre si (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de potássio e de cálcio nas folhas do arroz, por ocasião do florescimento, em função da época de entrada de água e do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP) ¹ kg ha ⁻¹	Época de entrada de água, dias após V4							
	0		7		14		21	
	K	Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca
	----- % -----							
0 / 0	1,14b	0,32b	1,20a	0,36b	1,26a	0,35a	1,26a	0,35a
30 / 60	1,26a	0,34ab	1,22a	0,42a	1,27a	0,33a	1,23a	0,35a
45 / 45	1,27a	0,38a	1,23a	0,34b	1,28a	0,34a	1,24a	0,32a
60 / 30	1,24a	0,35ab	1,25a	0,36b	1,22a	0,32a	1,25a	0,30a

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Para o cálcio, não houve efeito da época de entrada de água para nenhum dos manejos da adubação nitrogenada avaliados. Porém, verificou-se efeito do manejo do N nas duas primeiras épocas de entrada de água. Quando a entrada de água ocorreu em V4, maior teor de cálcio na folha foi determinado nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada, sendo que os parcelamentos 30 kg ha⁻¹ de N Perf. + 60 kg ha⁻¹ de N DP e 60 kg ha⁻¹ de N Perf. + 30 kg ha⁻¹ de N DP não diferiram da testemunha sem

adubação nitrogenada, com menor teor do nutriente na planta. Já na segunda época de entrada de água, destacou-se o tratamento com o manejo 30 kg ha⁻¹ de N Perf. + 60 kg ha⁻¹ de N DP, que apresentou teor foliar de cálcio superior ao dos demais (Tabela 3).

Maior teor de manganês na folha do arroz foi verificado no tratamento com omissão de adubação nitrogenada (211 mg kg⁻¹). Este não diferiu, porém dos manejos 30 kg ha⁻¹ de N Perf. + 60 kg ha⁻¹ de N DP e 45 kg ha⁻¹ de N Perf. + 45 kg ha⁻¹ de N DP, com 198 e 179 mg kg⁻¹ de Mn, respectivamente, que também foram equiparados pelo tratamento 60 kg ha⁻¹ de N Perf. + 30 kg ha⁻¹ de N DP, com menor teor foliar do nutriente (159 mg kg⁻¹).

Os resultados obtidos demonstram, de forma geral, benefício do atraso da entrada de água na lavoura de arroz, em até três semanas após V4, sobre o estado nutricional da cultura. Atribui-se este comportamento ao maior desenvolvimento radicular das plantas mantidas sob solo drenado por período mais longo, refletindo em maior capacidade de absorção de nutrientes. Adicionalmente, as condições climáticas vigentes nesta safra agrícola favoreceram a incidência de bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*), cujos danos provocados ao sistema radicular das plantas foram, de forma geral, tanto maiores quanto mais precoce a submersão do solo (Tabela 4), com reflexos sobre a nutrição da cultura. Quanto a este aspecto, destaca-se o desempenho dos tratamentos em que a entrada de água ocorreu 21 dias após V4, cuja incidência de larvas do inseto foi significativamente menor que para as demais épocas, demonstrando que o retardo na entrada de água na lavoura constitui-se em importante método cultural de controle do inseto.

Tabela 4. Densidade populacional de *Oryzophagus oryzae* em amostra padrão de solo e raízes, em função da época de entrada de água.

Época de entrada de água, dias após V4	Nº de larvas/amostra padrão de solo e raízes
0	29,9a ¹
7	33,4a
14	29,9a
21	8,3b

¹Os dados foram registrados na mesma data, em todos os tratamentos, em 20 de dezembro de 2003.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Com relação à avaliação do desempenho produtivo do arroz, não houve efeito da interação entre os fatores época de entrada de água e manejo da adubação nitrogenada. A influência da época de entrada de água manifestou-se para as variáveis produtividade de grãos, número de espiguetas por panícula, esterilidade de espiguetas e peso de 1000 grãos e o efeito do manejo da adubação nitrogenada, para as variáveis estatura de planta, número de perfilhos e produtividade de grãos. As demais variáveis não foram influenciadas pelos tratamentos, apresentando os seguintes valores médios no experimento: índice de colheita = 0,52; grãos inteiros = 67,4% e grãos quebrados = 5,6%. Tanto a produtividade de grãos, como seus componentes: número de espiguetas por panícula; esterilidade de espiguetas e peso de 1000 grãos foram beneficiados pelo atraso na entrada de água na lavoura entre 0 e 21 dias após V4. Os dados foram ajustados, respectivamente, aos modelos lineares: $y = 6686 + 45,004x$; $R^2 = 0,95^{**}$ (Figura 1); $y = 83,58 + 0,534x$; $R^2 = 0,88^*$; $y = 8,41 + 0,166x$; $R^2 = 0,99^{**}$ e $y = 23,77 + 0,041x$; $R^2 = 0,48^*$.

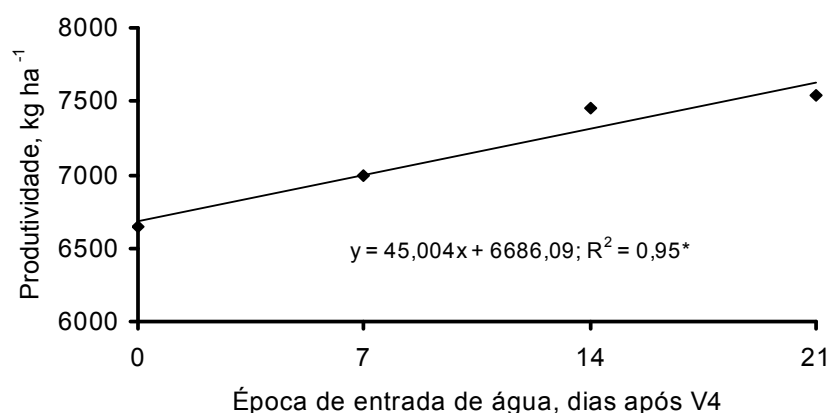


Figura 1. Produtividade de grãos do arroz, em função da época de entrada de água.

Também para essas variáveis, o efeito observado deve estar associado ao maior desenvolvimento radicular e ao menor dano provocado pela bicheira-da-raiz, nos tratamentos com entrada de água mais tardia, refletindo-se em melhor desempenho produtivo do arroz. Ressalta-se, porém, que embora tenha sido verificado efeito positivo do atraso na entrada de água na lavoura sobre a produtividade de grãos e alguns de seus

componentes, a última época avaliada [21 dias após V4, equivalendo a 36 dias após a emergência (dae)] está além da recomendada pela pesquisa, que preconiza o início da irrigação permanente da lavoura de arroz entre 15 e 30 dae (Sosbai, 2003). Esta recomendação fundamenta-se no fato de que a eficiência de outras práticas de manejo, em especial o controle de plantas daninhas, poder ser prejudicada pelo retardo excessivo da entrada de água na lavoura de arroz. Especificamente neste estudo, o comportamento observado é atribuído ao controle eficiente de plantas daninhas, resultante da utilização de herbicida pré-emergente, e pelo ataque severo de bicheira-da-raiz, decorrente da semeadura realizada no início do período recomendado para a região (SOSBAI, 2003) e das condições climáticas favoráveis à incidência da praga.

A influência do manejo da adubação nitrogenada sobre as variáveis estatura de planta, número de perfilhos e produtividade de grãos restringiu-se ao tratamento com omissão do nitrogênio, cujo desempenho foi inferior ao dos demais (Tabela 5). Estes resultados são um indicativo de que o efeito preponderante da adubação nitrogenada sobre o crescimento e desempenho produtivo do arroz esteve associado à dose do nutriente fornecida à cultura, assumindo papel secundário o parcelamento desta entre o início do perfilhamento e a diferenciação da panícula. Estes resultados diferem daqueles obtidos por Wilson Jr. et al (1998), onde o aumento da dose de N aplicada no perfilhamento favoreceu a absorção de nitrogênio e produtividade de grãos do arroz. Os autores relatam, porém, ser este um efeito relacionado à cultivar utilizada.

Tabela 5. Estatura de planta número de perfilhos e produtividade de grãos do arroz, em função do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP) ¹	Estatura de planta	Número de perfilhos	Produtividade de grãos
kg ha ⁻¹	cm	Nº m ⁻²	kg ha ⁻¹
0 / 0	66,8b	483b	5889b
30 / 60	70,8a	545a	7750a
45 / 45	70,0a	558a	7524a
60 / 30	69,8a	577a	7472a
CV, %	4,5	12,3	10,0

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Os resultados de produção de matéria seca e de acumulação de nitrogênio pelas plantas de arroz indicam que o efeito dos tratamentos restringiu-se, ao fator manejo da adubação nitrogenada (Tabelas 6 e 7), não tendo sido determinada influência da interação entre os fatores época de entrada de água e manejo da adubação nitrogenada, bem como do fator época de entrada de água.

Tabela 6. Produção de matéria seca das plantas de arroz, em função do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP) ¹	Colmos e folhas	Grãos	Parte aérea
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
0 / 0	5108b	5348b	10457b
30 / 60	6412a	7006a	13418a
45 / 45	6170ab	6578a	12748a
60 / 30	5733ab	6178ab	11912ab
CV, %	25	25	24

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p < 0,05).

Da Tabela 6, verifica-se que, de forma geral, o manejo de nitrogênio que proporcionou maior produção de matéria seca foi aquele em que se aplicou um terço da dose de N no início do perfilhamento e o restante, na diferenciação da panícula. Este foi seguido pelos demais tratamentos com aplicação de N, que apresentaram desempenho intermediário e, finalmente, pelo tratamento testemunha com omissão de N, o qual condicionou menor produção de matéria seca pelo arroz. Dois fatores devem ter contribuído para esse comportamento. Por um lado, a maior resposta da cultura ao nitrogênio, determinada pela ocorrência de um ano agrícola com condições climáticas excepcionalmente favoráveis em termos de temperatura e de radiação solar para o arroz. Desta forma, a omissão do nutriente no tratamento testemunha comprometeu a produtividade da cultura, visto ser o nitrogênio um dos principais fatores contribuintes para a produtividade do arroz. De outra forma, a entrada de água e, por conseguinte, a realização da primeira cobertura com N mais precoce (a partir do décimo quinto dia da emergência), quando a planta apresentava menor desenvolvimento vegetativo, deve ter limitado o aproveitamento do nutriente pela cultura no início da fase vegetativa. Assim, o tratamento em que se reservou maior dose de N para aplicação na diferenciação da panícula foi beneficiado, superando os demais.

O efeito descrito para a produção de matéria seca repetiu-se para as variáveis associadas à acumulação de nitrogênio pela planta de arroz (Tabela 7). Vale destacar, porém, os valores significativos de nitrogênio acumulado somente na parte aérea das plantas de arroz, superando 100 kg ha⁻¹, para o manejo com maior absorção do nutriente. É interessante notar, ainda, que a absorção e acumulação de N pela cultura também foi considerável no tratamento testemunha, sem N, indicando grande contribuição do meio de cultivo, incluindo o solo, restos culturais e a água de irrigação, para o fornecimento de nitrogênio para o arroz irrigado. Os dados obtidos sugerem, ainda, a ocorrência de fixação biológica de N, possivelmente associada a organismos de vida livre ou endobactérias, como já constatado para outras espécies de gramíneas.

Tabela 7. Nitrogênio acumulado pelas plantas de arroz, em função do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP) ¹	Colmos e folhas	Grãos	Parte aérea
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
0 / 0	25,9b	48,4b	74,4b
30 / 60	34,1a	68,0a	102,0a
45 / 45	30,1ab	58,8ab	88,9ab
60 / 30	29,3ab	58,6ab	87,9ab
CV, %	29	27	26

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Safra 2004/05

A avaliação do nível de nitrogênio na planta indicou significância da interação entre os fatores época de entrada de água e manejo da adubação nitrogenada para as variáveis índice relativo de clorofila na folha em V7-V8 e teor de N na folha na diferenciação da panícula. Por sua vez, o teor de N na planta no estágio V7-V8 foi influenciado pela época de entrada de água e pelo manejo da adubação nitrogenada individualmente. Já o índice relativo de clorofila na diferenciação da panícula sofreu efeito exclusivamente do manejo do nitrogênio.

Na determinação feita em V7-V8, o efeito da época de entrada de água sobre o IRC na folha manifestou-se apenas para o manejo M80/40, sendo os dados descritos pelo modelo linear: $y = 23,7 + 0,343x$; $R^2 = 0,86^*$, o qual indica benefício do atraso da entrada de água e, por conseguinte, da adubação nitrogenada sobre a absorção de N pelo arroz. Por sua vez o efeito do manejo da adubação nitrogenada sobre o IRC, em V7-V8, foi verificado apenas para a última época de entrada de água (21 dias após V4), onde maior IRC foi determinado para o manejo de nitrogênio com aplicação da maior dose do nutriente no início do perfilhamento (M80/40), seguido pelos manejos M60/60 e testemunha sem N (M0/0), com desempenho intermediário. Este último não diferiu, porém, do manejo M40/80, que proporcionou menor IRC na folha do arroz (Tabela 8). Os resultados obtidos indicam sensibilidade da medida do índice relativo de clorofila na folha na avaliação do suprimento de N para a planta de arroz. Demonstram ainda que, de forma geral, a magnitude do IRC na folha é proporcional à dose de N aplicada à planta de arroz.

Tabela 8. Índice relativo de clorofila na folha índice do arroz, em função da época de entrada de água e do manejo da adubação nitrogenada. Avaliação realizada em V7-V8.

N(Perf.)/N(DP) ¹ kg ha ⁻¹	Época de entrada de água, dias após V4			
	0	7	14	21
M0/0	25,0a	24,7a	24,7a	26,4bc
M40/80	23,5a	26,9a	25,9a	24,6c
M60/60	24,6a	25,9a	26,9a	28,7b
M80/40	24,8a	25,0a	27,4a	32,0a
CV [entrada d'água] = 7,3%		CV [N(Perf.) / N(DP)] = 7,8%		

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Com relação ao teor de N na folha de arroz, verifica-se que, em V7-V8, o efeito do manejo do N foi proporcional à dose do nutriente aplicada no início do perfilhamento (V4). Desta forma, quanto maior a dose de nitrogênio aplicada nesse estágio, maior o teor do nutriente na planta (Tabela 9). O efeito da época de entrada de água sobre a variável ajustou-se ao modelo linear crescente: $y = 23,5 + 0,321x$; $R^2 = 0,97^{**}$, segundo o qual o atraso na entrada de água promoveu aumento na concentração de N na planta. Atribui-se esse comportamento ao maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas de arroz, quando do atraso da entrada de água, favorecendo a absorção de nutrientes.

Na segunda época de avaliação (diferenciação da panícula), o efeito do manejo da adubação nitrogenada sobre o IRC na folha restringiu-se ao manejo em que se aplicou maior dose de N no início do perfilhamento (M80/40), o qual propiciou maior IRC relativamente aos demais manejos de N, com desempenho semelhante entre si (Tabela 9). Provavelmente este efeito decorra do período mais longo entre a aplicação do fertilizante nitrogenado e a avaliação da planta, equiparando o efeito dos tratamentos com aplicação de menores doses de N no perfilhamento.

Tabela 9. Teor de nitrogênio, no estágio V7-V8, e índice relativo de clorofila na folha índice do arroz, na diferenciação da panícula, em função do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP) ¹	N / V7-V8	IRC / DP
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	----
M0/0	24,2d	27,5b
M40/80	25,7c	28,0b
M60/60	27,5b	28,3b
M80/40	30,2a	29,8a
CV, %	6,3	3,6

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Quanto ao teor de nitrogênio na folha do arroz na diferenciação da panícula, verifica-se que, na primeira época de entrada de água, sobressaiu-se o manejo M80/40, cujo valor foi superior ao dos demais tratamentos, que não diferiram entre si. Também na segunda época (7 dias após V4), maior teor de N na folha foi determinado para o manejo M80/40, seguido por M60/60, com desempenho intermediário e, finalmente, por M40/80 e a testemunha sem (M0/0), que não diferiram entre si. O efeito verificado para as duas últimas épocas de entrada de água foi aproximadamente semelhante, sendo que os manejos com aplicação das duas maiores doses de N no perfilhamento (80 ou 60 kg ha⁻¹) propiciaram maior teor de N na folha, superando o desempenho dos tratamentos testemunha sem N e com aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N. Uma exceção refere-se à terceira época de entrada de água, em que o desempenho do manejo M40/80 não diferiu, também, daquele apresentado pelos demais manejos com aplicação de N em cobertura (Tabela 10). Os resultados obtidos refletem o suprimento de nitrogênio proporcionado pelos diferentes parcelamentos da adubação nitrogenada em cobertura.

Com relação às avaliações do desempenho agrônômico e produtivo do arroz, não se verificou efeito da interação entre os fatores época de entrada de água e manejo da adubação nitrogenada para nenhuma das variáveis medidas. Determinou-se, porém, efeito da época de entrada de água sobre as variáveis: número de perfilhos; índice de colheita; peso de 1000 grãos; esterilidade de grãos e percentuais de grãos inteiros e quebrados. Os dados relativos às variáveis número de perfilhos e percentuais de grãos inteiros e quebrados ajustaram-se aos seguintes modelos quadráticos: $y = 628,047 - 4,617x + 0,223x^2$; $R^2 = 0,334^*$; $y = 63,531 + 4,694x - 0,781x^2$; $R^2 = 0,942^*$ e $y = 11,328 - 3,547x + 0,516x^2$; $R^2 = 803^*$. Já os dados de índice de colheita, peso de 1000 grãos e percentual de esterilidade foram descritos, respectivamente, pelos modelos lineares: $y = 0,553 - 0,019x$; $R^2 = 0,940^{**}$; $y = 26,997 - 1,214x$; $R^2 = 0,903^{**}$ e $y = 8,862 + 3,792x$; $R^2 = 0,930^{**}$. Estes resultados são um indicativo de que o atraso na entrada de água foi prejudicial à cultura, promovendo redução no índice de colheita e no peso de 1000 grãos e elevação na esterilidade de espiguetas. Atribui-se este efeito ao déficit hídrico sofrido pela cultura no período que antecedeu a irrigação definitiva da lavoura, de forma que o retardo na submersão do solo afetou alguns componentes de produtividade do arroz irrigado.

Tabela 10. Teor de nitrogênio na folha índice do arroz, na diferenciação da panícula (DP), em função da época de entrada de água e do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP) ¹ kg ha ⁻¹	Época de entrada de água, dias após V4			
	0	7	14	21
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹			
MO/0	20,2b	20,6c	21,4b	21,3b
M40/80	21,4b	20,9c	22,5ab	23,2b
M60/60	21,1b	22,3b	23,4a	26,2a
M80/40	22,9a	24,7a	23,9a	27,5a
CV [entrada d'água] = 3,1%		CV [N(Perf.) / N(DP)] = 4,1%		

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

A influência do manejo da adubação nitrogenada manifestou-se para as variáveis estatura de planta, números de perfilhos, índice de colheita, produtividade de grãos, número de espiguetas por panícula e esterilidade de espiguetas (Tabelas 11 e 12). O efeito verificado para as variáveis estatura de

planta, produtividade de grãos, número de espiguetas por panícula e esterilidade de espiguetas restringiu-se ao tratamento testemunha sem N, cujo desempenho foi inferior ao dos demais, que não diferiram entre si, independentemente do parcelamento do N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula. Isto demonstra que a resposta do arroz à adubação nitrogenada esteve associada, principalmente, ao suprimento do nutriente à cultura, assumindo papel secundário seu parcelamento entre o início do perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Com relação ao índice de colheita, maior valor foi determinado para o tratamento testemunha sem nitrogênio; o desempenho dos demais tratamentos foi semelhante, não sofrendo influência do parcelamento da adubação nitrogenada (Tabela 11). Esse comportamento reflete o maior desenvolvimento vegetativo das plantas de arroz, promovido pelo fornecimento adequado de nitrogênio, reduzindo a relação entre a massa de matéria seca de grãos e da parte aérea.

As diferenças devidas ao parcelamento da adubação nitrogenada restringiram-se à variável número de perfilhos, para a qual se verificou que a aplicação das duas maiores doses de N no início do perfilhamento favoreceram a emissão de perfilhos pela planta de arroz. O efeito determinado para a aplicação da dose de 80 kg ha⁻¹ de N no perfilhamento não diferiu, porém, daquele medido para o tratamento com aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N no mesmo estágio, que apresentou desempenho intermediário, superando apenas a testemunha sem adubação nitrogenada em cobertura.

Tabela 11. Estatura de planta, número de perfilhos de arroz, em função do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP) ¹	Estatura de planta	Número de perfilhos	Índice de colhei
kg ha ⁻¹	cm	Nº m ⁻²	----
M0/0	70,5b	554c	0,55a
M40/80	77,1a	620b	0,50b
M60/60	78,4a	655a	0,49b
M80/40	79,1a	642ab	0,48b
CV, %	5,1	6,6	6,9

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Tabela 12. Produtividade de grãos, número de espiguetas por panícula e esterilidade de espiguetas de arroz, em função do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP) ¹	Produtividade	Espiguetas/panícula	Esterilidade
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	Nº	%
M0/0	5749b	94,6b	15,2b
M40/80	7037a	110,7a	18,9a
M60/60	6616a	108,2a	19,6a
M80/40	7010a	110,8a	19,7a
CV, %	17	9,8	16,7

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

A avaliação da absorção e exportação de nitrogênio pelo arroz indicou significância da interação entre os fatores época de entrada de água e manejo da adubação nitrogenada apenas para a variável quantidade de nitrogênio acumulada nos colmos e folhas. Por sua vez, tanto a quantidade de N exportada pelos grãos, quanto aquela acumulada na parte aérea, foram influenciadas exclusivamente pelo manejo da adubação nitrogenada.

O efeito da época de entrada de água sobre a quantidade de nitrogênio acumulada nos colmos e folhas manifestou-se apenas para o manejo M60/60, sendo os dados descritos pelo modelo linear: $y = 44,645 + 1,398x$; $R^2 = 0,88^*$, o qual indica benefício do atraso da entrada de água e, por conseguinte, da adubação nitrogenada sobre a acumulação de N pelo arroz. Atribui-se esse comportamento ao maior crescimento do sistema radicular das plantas, decorrente de sua permanência por maior período de tempo em condições de sequeiro. Por sua vez, efeito do manejo da adubação nitrogenada sobre a acumulação de N nos colmos e folhas foi determinado para todas as épocas de entrada de água (Tabela 13). Quando esta ocorreu no estágio de quatro folhas (V4), determinou-se maior acumulação do nutriente para o manejo M80-40, que não diferiu, porém, dos demais tratamentos com aplicação de N, os quais se assemelharam, ainda, ao manejo com omissão de N em cobertura (M0-0). Na entrada de água realizada 7 dias após V4, também verificou-se maior acumulação de nitrogênio nos colmos e folhas no manejo M80-40. Este não diferiu, porém, de M40-80 que, por sua vez, foi equiparado por M60-60, cujo desempenho superou apenas a testemunha sem aplicação de N. Atrasando-se a entrada de água em 14 dias após o início do perfilhamento (V4), verifica-se que os

maneios com aplicação de N proporcionaram maior acumulação de N nos colmos e folhas, sendo que o manejo M80-40 não diferiu, porém, de M0-0, com menor acumulação do nutriente. Por sua vez, na última época de entrada de água (21 dias após V4), melhor desempenho foi determinado para os maneios M60-60 e M80-40, seguidos de M40-80 e, finalmente, pela testemunha sem aplicação de nitrogênio em cobertura. Os resultados obtidos mostram que a acumulação de nitrogênio nos colmos e folhas do arroz está associada principalmente ao fornecimento do nutriente à cultura, sendo secundário o efeito de seu parcelamento entre o início do perfilhamento e da fase reprodutiva.

Tabela 13. Quantidade de nitrogênio acumulada nos colmos e folhas do arroz, em função da época de entrada de água e do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP) ¹ kg ha ⁻¹	Época de entrada de água, dias após V4			
	0	7	14	21
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹			
M0/0	34,1b	27,5c	39,9b	36,2c
M40/80	51,1ab	56,9ab	61,0a	55,6b
M60/60	48,3ab	51,5b	59,1a	78,4a
M80/40	65,6a	72,4a	51,6ab	76,0a
CV [época de entrada de água] = 13,7% CV [manejo N] = 21,5%				

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Com relação à acumulação de nitrogênio nos grãos, que representa a quantidade do nutriente exportada pela colheita, bem como à acumulação na parte aérea do arroz, que resulta do somatório entre o acumulado nos colmos e folhas e nos grãos, nota-se que as diferenças no manejo da adubação nitrogenada restringiram-se ao tratamento testemunha com omissão de N em cobertura, cujo desempenho foi inferior aos demais, independentemente do parcelamento entre o início do perfilhamento e a diferenciação da panícula (Tabela 14). Os dados apresentados mostram, ainda, que cerca de dois terços do nitrogênio acumulado na parte aérea do arroz são exportados pela colheita, sendo significativas as quantidades extraídas do meio de cultivo, superando a marca de 100 kg ha⁻¹, nos tratamentos com fertilização nitrogenada. Isto indica a importância dessa prática de manejo para repor a exportação da cultura e a manutenção da fertilidade do solo.

Com base nos dados de acumulação de nitrogênio pela planta, calculou-se, pelo método da diferença, a eficiência de utilização do nutriente do fertilizante pela cultura, a qual foi bastante baixa, variando de 23% a 29% do total aplicado ao solo. Estes dados são comparáveis aos determinados diretamente, utilizando-se metodologia de diluição isotópica, para o mesmo solo e em sistema de cultivo semelhante (SCIVITTARO et al., 2002), em que o aproveitamento de N da uréia pelo arroz correspondeu a 33% do total aplicado à cultura. Os resultados obtidos indicam que o meio de cultivo, incluindo o solo, a água de irrigação e resíduos culturais, são responsáveis pelo fornecimento da maior parte do nitrogênio absorvido pelo arroz irrigado.

Tabela 14. Quantidade de nitrogênio acumulada nos grãos e na parte aérea do arroz, em função do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP) ¹	Grãos	Parte aérea
kg ha ⁻¹	----- kg ha ⁻¹ -----	
M0/0	73,8b	108,2b
M40/80	105,2a	161,3a
M60/60	101,3a	160,6a
M80/40	108,7a	175,1a
CV, %	7,3	8,3

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Safra 2005/06

Apenas nesta safra teve-se êxito na avaliação do efeito da época de entrada de água na lavoura de arroz sobre a duração dos estádios de desenvolvimento da planta de arroz. Os resultados obtidos encontram-se descritos na Tabela 15. Nota-se que o atraso na entrada de água e, por conseguinte, da adubação nitrogenada, em três semanas após V4 estendeu em seis dias o ciclo da cultivar BRS Pelota, relativamente às demais épocas, estando a maior variação concentrada no período compreendido entre o início da floração (R4) e a maturação completa dos grãos (R9). Estes resultados são preliminares e devem ser confirmados em cultivos subsequentes, que incluirão cultivares com duração de ciclo variáveis, cuja resposta à variação na época de entrada de água deve ser diversa. Ademais, o aprofundamento deste estudo deve relacionar a variação do ciclo das cultivares de arroz às produtividades atingidas.

Com relação aos dados obtidos vale ressaltar, ainda, que em razão de problemas no estabelecimento da cultura, foi necessário ressemeá-la em 30 de novembro de 2005, com registro de emergência em 13 de dezembro de 2005. O atraso na semeadura, em relação à época recomendada pela pesquisa (STEINMETZ et al., 2001), afetou a duração do ciclo da cultura que, independentemente da época de entrada de água, foi inferior à média prevista para a cultivar (130 dias da emergência à maturação completa dos grãos).

Tabela 15. Intervalo de tempo para ocorrência de estádios de desenvolvimento da planta de arroz, em função da época de entrada de água.

Época de entrada de água	Estádio de desenvolvimento ¹			
	V4	R1	R4	R9
	Tempo, dias ²			
V4	16	50	91	115
V4 + 7 dias	16	---	90	115
V4 + 14 dias	16	---	91	113
V4 + 21 dias	16	---	93	121

¹V4: início do perfilhamento; R1: diferenciação da panícula; R4: início da floração e R9: maturação completa dos grãos (Counce et al., 2000). ²Intervalos calculados a partir da data de emergência das plântulas. ³Avaliação não realizada.

A avaliação dos indicadores do nível de nitrogênio na planta revelou significância dos fatores época de entrada de água e manejo da adubação nitrogenada, apenas, para a variável teor de N na folha do arroz, medida em V8-V9, salientando-se que os dados relativos às amostragens realizadas na diferenciação da panícula e no florescimento pleno ainda não se encontram disponíveis. Por sua vez, o índice relativo de clorofila na folha sofreu o efeito do manejo da adubação nitrogenada nas três épocas de amostragem (V8-V9, DP e florescimento); a influência da época de entrada de água manifestou-se, apenas, em V8-V9 e na DP. Quanto ao índice de área foliar, este foi influenciado pelo manejo do nitrogênio nas três épocas de amostragem e pela época de entrada de água, somente na amostragem realizada por ocasião da diferenciação da panícula.

Na primeira época de entrada de água, maior teor de N na folha do arroz em V7-V8 foi proporcionado pelos tratamentos com a aplicação de 60 kg ha⁻¹ ou 80 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento, superando os teores determinados para os tratamentos testemunha sem N e com a aplicação de

40 kg ha⁻¹ de N. Já na segunda época (7 dias após V4), o manejo M80-40 propiciou maior teor de N na folha, seguido pelos manejo M60-60 e M40-80, com desempenho intermediário, e pela testemunha. Nas duas últimas épocas, o efeito dos tratamentos com aplicação de N foi semelhante entre si e superior ao da testemunha com omissão do nutriente (Tabela 16). Tais resultados refletem claramente a realização da primeira cobertura com N, bem como sua magnitude.

Tabela 16. Teor de nitrogênio na folha índice do arroz, em função da época de entrada de água e do manejo da adubação nitrogenada. Avaliação realizada uma semana após a última época de entrada de água (V8-V9).

N(Perf.)/N(DP) ¹	Época de entrada de água, dias após V4			
	0	7	14	21
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹			
M0/0	30,2b	31,4c	39,8b	37,8b
M40/80	31,2b	38,2b	44,6a	45,5a
M60/60	35,8a	39,4b	46,6a	45,0a
M80/40	37,4a	44,4a	46,6a	48,1a
CV [Época de entrada de água] = 4,6% CV [Manejo de N] = 5,6%				

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Com relação ao efeito da época de entrada de água, independentemente do manejo do N, determinou-se, em V8-V9, aumento do teor foliar do nutriente em resposta ao atraso da entrada de água. Os dados ajustaram-se aos modelos: M0-0: $y = 30,11 + 0,44x$; $R^2 = 0,72^{**}$; M40-80: $y = 32,46 + 0,71x$; $R^2 = 0,92^{**}$; M60-60: $y = 36,44 + 0,40x$; $R^2 = 0,81^{**}$ e M80-40: $y = 39,0 + 0,49x$; $R^2 = 0,88^{**}$.

Em todas as três épocas de avaliação (V8-V9, DP e florescimento), o efeito do manejo da adubação nitrogenada sobre o índice relativo de clorofila na folha esteve associado à realização ou não de adubação em cobertura. Desta forma, maior IRC foi determinado para os tratamentos com cobertura nitrogenada, superando a testemunha sem a aplicação do nutriente. Uma única exceção ocorreu na avaliação realizada em V8-V9, em que o manejo M40-80 propiciou desempenho equiparável ao da testemunha, embora não tenha diferido dos demais manejos com aplicação de N (Tabela 17). Tais resultados confirmam o comportamento verificado nas safras anteriores, segundo os quais a variável IRC na folha expressa o nível de nitrogênio na

planta e, portanto, a quantidade do nutriente disponível no meio de cultivo.

Nas avaliações realizadas em V8-V9 e na DP, a influência da época de entrada de água sobre o IRC na folha ajustou-se, respectivamente, aos seguintes modelos lineares $y = 32,89 + 0,26x$; $R^2 = 0,81^{**}$ e $y = 29,03 + 0,18x$; $R^2 = 0,83^{**}$, os quais demonstram, à semelhança do verificado para o teor de N na folha, que o atraso na entrada de água promove aumento do IRC da folha, refletindo, pois, o maior potencial de absorção do nutriente pela planta, quando de sua permanência por um período mais longo em solo drenado.

Tabela 17. Índice relativo de clorofila na folha índice do arroz, em função do manejo da adubação nitrogenada. Avaliações realizadas uma semana após a última época de entrada de água (V8-V9), na diferenciação da panícula (DP) e no florescimento.

N(Perf.)/N(DP) ¹	V8-V9	DP	Florescimento
kg ha ⁻¹	---	---	---
M0/0	33,8b	29,3b	32,5b
M40/80	35,5ab	31,2a	35,4a
M60/60	36,4a	31,5a	35,0a
M80/40	36,8a	31,6a	34,4a
CV, %	4,2	3,5	1,9

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

De forma geral, também para a variável índice de área foliar, o efeito do manejo do nitrogênio acompanhou a dose do nutriente fornecida à cultura. Em V7-V8, os valores determinados para os tratamentos com aplicação de N em cobertura proporcionaram maior IAF, sendo que os manejos M40-80 e M60-60 não diferiram da testemunhas sem N. Na diferenciação da panícula, os manejos M80-40 e M40-80 determinaram maior IAF, sendo que este último não diferiu dos tratamentos M60-60 e M0-0, com menor índice de área foliar. Também no florescimento, os manejos com cobertura nitrogenada promoveram maior IAF, embora M60-60 não tenha diferido da testemunha (Tabela 18). Apenas para a avaliação realizada na diferenciação da panícula determinou-se efeito da época de entrada de água sobre o índice de área foliar. Este foi descrito pelo modelo: $y = 3,51 - 0,14x + 0,004x^2$; $R^2 = 0,94^*$, com valor máximo correspondente ao período de 17,5 dias a partir de V4.

Tabela 18. Índice de área foliar da planta de arroz, em função do manejo da adubação nitrogenada. Avaliações realizadas uma semana após a última época de entrada de água (V8-V9), na diferenciação da panícula (DP) e no florescimento.

N(Perf.)/N(DP)¹	V8-V9	DP	Florescimento
kg ha ⁻¹		cm ² cm ⁻²	
M0/0	2,79b	2,20b	2,62b
M40/80	3,24ab	2,75ab	4,72a
M60/60	3,32ab	2,46b	3,70ab
M80/40	3,85a	3,48a	3,95a
CV, %	15,3	12,3	18,9

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

As variáveis teor de N e índice relativo de clorofila na folha e índice de área foliar mostraram-se adequadas na avaliação do nível de nitrogênio na planta de arroz, refletindo a disponibilidade do nutriente no meio de cultivo e sua absorção pela planta de arroz. Assim, de forma geral, os valores determinados foram proporcionais à quantidade de N fornecida via adubação para a cultura. Outrossim, o atraso na entrada de água na lavoura em até três semanas após V4 favoreceu a absorção do nutriente pelo arroz, provavelmente estimulando o desenvolvimento de seu sistema radicular.

Na avaliação do efeito dos tratamentos sobre o desempenho agrônomo e produtivo do arroz não se determinou significância da interação entre a época de entrada de água e o manejo da adubação nitrogenada para nenhuma das variáveis medidas. A época de entrada de água influenciou apenas a produtividade de grãos e a esterilidade de espiguetas. Por sua vez, o manejo do nitrogênio exerceu influência sobre a estatura de planta, produtividade de grãos, índice de colheita, esterilidade de espiguetas, peso de 1000 grãos e percentual de grãos inteiros. As variáveis número de perfilhos, comprimento da panícula, número de espiguetas por panícula e percentual de grãos quebrados não sofreram efeito dos tratamentos, apresentando os seguintes valores médios no experimento: 601 perfilhos m⁻²; 22,9 cm; 105 espiguetas panícula⁻¹ e 15,4%, respectivamente.

O efeito da época de entrada de água sobre as variáveis produtividade de grãos e esterilidade de espiguetas foi descrito pelos modelos quadráticos: $y = 7983 + 162,62x - 8,46x^2$; $R^2 = 0,98^{**}$ e $y = 19,28 - 0,49x + 0,03x^2$; $R^2 = 0,64^*$. O primeiro apresentou valor máximo correspondente ao período de 9,6 dias e o segundo, valor mínimo correspondente ao período de 8,2 dias.

Para as variáveis estatura de planta, produtividade de grãos e esterilidade de espiguetas a influência do manejo do nitrogênio esteve associada exclusivamente à aplicação ou não do nutriente. O tratamento com omissão de N promoveu valores menores que os demais, independentemente do parcelamento entre o início do perfilhamento e a diferenciação da panícula (Tabelas 19 e 20). No caso específico da esterilidade de espiguetas, este resultado mostra que a adubação nitrogenada teve efeito prejudicial, aumentando sua magnitude.

Maior índice de colheita foi determinado para o tratamento testemunha sem N, o qual não diferiu dos manejos M40-80 e M60-60. Estes últimos foram equiparados, também, pelo manejo M80-40, com menor índice de colheita (Tabela 19). Provavelmente a redução no índice de colheita, determinada para os tratamentos com cobertura nitrogenada, esteja associada ao estímulo ao crescimento vegetativo da planta proporcionado pela aplicação do nutriente, reduzindo a relação entre a massa de matéria seca dos grãos, relativamente à parte aérea.

Também a variável peso de 1000 grãos teve seu desempenho prejudicado pela realização de adubação nitrogenada em cobertura. A testemunha sem N propiciou maior valor, não diferindo, porém, dos manejos M80-40 e M60-60, os quais assemelharam-se, ainda, ao manejo M40-80, que propiciou menor peso de grãos (Tabela 20). Salienta-se que apenas os tratamentos MO-0 e M 80-40 proporcionaram valores próximos à média prevista para a cultivar BRS Pelota (26,48 g). Com relação à variável percentual de grãos inteiros, de forma geral a adubação nitrogenada foi benéfica, de forma que os tratamentos com aplicação de N em cobertura propiciaram melhor desempenho, embora M40-80 não tenha diferido da testemunha com omissão do nutriente (Tabela 20).

Tabela 19. Estatura de planta, produtividade de grãos e índice de colheita do arroz, em função do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP)¹	Estatura	Produtividade	Índice de colheita
kg ha ⁻¹	cm	kg ha ⁻¹	---
M0/0	76,9b	7504b	0,51a
M40/80	80,4a	8558a	0,45ab
M60/60	80,4a	8491a	0,46ab
M80/40	79,9a	8403a	0,43b
CV, %	2,1	12,9	15,6

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Tabela 20. Esterilidade de espiguetas, peso de 1000 grãos e percentual de grãos inteiros, em função do manejo da adubação nitrogenada.

N(Perf.)/N(DP)¹	Esterilidade	Peso de 1000 grãos	Grãos inteiros
kg ha ⁻¹	%	g	%
M0/0	14,8b	26,44a	55,1b
M40/80	21,1a	25,72b	56,9ab
M60/60	21,5a	25,90ab	58,2a
M80/40	21,3a	26,31ab	57,9a
CV, %	13,5	1,5	1,6

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

Os dados de extração e exportação de nitrogênio pelo arroz, bem como os de eficiência de utilização do nutriente pela cultura, ainda não estão disponíveis, dependendo da conclusão das análises do teor de N no tecido vegetal. Tão logo sejam obtidos serão acrescentados às informações apresentadas neste relatório.

Interação entre manejo da água e da adubação nitrogenada na cultura do arroz irrigado: fatores interferentes

Safra 2003/04

O acompanhamento da umidade do solo por ocasião das adubações nitrogenadas em cobertura no início do perfilhamento indicou diferenças entre os tratamentos com solo seco e saturado para as aplicações de N realizadas entre 9 e 3 dias antes da entrada de água. Já na última época de adubação, imediatamente antes da irrigação definitiva das parcelas, a umidade do solo foi semelhante para ambos os tratamentos, em razão da ocorrência de chuva intensa na véspera da realização da cobertura com N (Tabela 21). Ressalta-se, ainda, que aos 9 e 6 dias antes da entrada de água, a umidade do solo seco foi superior à pretendida pelo tratamento (@ 16%), também devido à ocorrência de chuvas.

Tabela 21. Umidade do solo por ocasião da realização das adubações nitrogenadas no início do perfilhamento do arroz.

Condição prevista de umidade do solo	Antecedência da aplicação de N relativamente à entrada de água, dias			
	9	6	3	0
	----- % -----			
Seco	19,5	17,9	16,5	26,5
Saturado	26,8	27,0	26,5	27,2

Tanto na avaliação realizada na diferenciação da panícula, quanto por ocasião do florescimento, não se observou efeito dos tratamentos sobre o índice de área foliar, teor de N na planta e índice relativo de clorofila na folha de arroz. Os valores médios, determinados na diferenciação da panícula e florescimento, foram, respectivamente: índice de área foliar: 2,35 e 4,21 cm² cm⁻²; teor de N na planta: 15,2 e 17,2 g kg⁻¹ e índice relativo de clorofila: 28,4 e 32,2. Independentemente da variável, os valores medidos aumentaram da diferenciação da panícula para o florescimento, o que reflete, principalmente, o efeito da segunda cobertura com N, realizada por ocasião da diferenciação da panícula, promovendo o crescimento da planta e o aumento na absorção do nutriente.

Também na avaliação do estado nutricional, não houve efeito dos tratamentos sobre os teores de nutrientes na folha do arroz, tendo-se determinado, como valores médios do experimento, os teores: 9,3 g kg⁻¹ de N; 2,0 g kg⁻¹ de P; 12,9 g kg⁻¹ de K; 1,5 g kg⁻¹ de Ca; 1,4 g kg⁻¹ de Mg; 17 mg kg⁻¹ de B; 3 mg kg⁻¹ de Cu; 170 mg kg⁻¹ de Fe; 359 g kg⁻¹ de Mn e 21 mg kg⁻¹ de Zn.

A influência dos tratamentos sobre o desempenho produtivo do arroz manifestou-se, exclusivamente, para a variável produtividade de grãos, para a qual se verificou significância da interação entre os fatores umidade do solo e intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada no perfilhamento e a entrada de água. Nos tratamentos onde a aplicação de N foi realizada zero e três dias antes da entrada de água, maior produtividade foi obtida na condição de solo seco relativamente ao saturado. Por outro lado, a umidade do solo não influenciou a produtividade de grãos quando as aplicações de N antecederam em 6 ou 9 dias a entrada de água (Tabela 22). Possivelmente, a ausência de efeito da umidade nestes dois últimos intervalos de tempo esteja associada ao maior conteúdo de água presente na condição de solo seco, relativamente à pretendida, acelerando a degradação enzimática da uréia (SANKHAYAN & SHUKLA, 1976) e, desta forma, contribuindo para a equiparação do efeito dos tratamentos com solo seco e saturado.

Tabela 22. Produtividade de grãos de arroz, em função da condição de umidade do solo e do intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada no perfilhamento e a entrada de água.

Condição pretendida de umidade do solo	Intervalo de tempo, dias			
	0	3	6	9
	kg ha ⁻¹			
Seco	11325a	10485a	9847a	7508a
Saturado	9369b	8845b	9207a	6913a

CV [umidade solo] = 6%

CV [intervalo tempo] = 17%

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p < 0,05).

Em ambas as condições de umidade do solo, determinou-se efeito do intervalo entre a aplicação de nitrogênio e a entrada de água sobre a produtividade de grãos. Os dados foram ajustados aos modelos: solo seco: $y = 11201 + 60,72x - 58,14x^2$; $R^2 = 0,97^{**}$ e solo saturado: $y = 9222 + 119,75x - 32,65x^2$; $R^2 = 0,80^*$, com valores máximos correspondentes aos intervalos de 0,5 e 1,8 dias, respectivamente.

As demais variáveis medidas não foram influenciadas pelos tratamentos, apresentando os seguintes valores médios no experimento: estatura de planta = 82 cm; número de perfilhos = 472 m⁻²; peso de 1000 grãos = 27,25 g; esterilidade de espiguetas = 11,3%; grãos inteiros = 64,6% e grãos quebrados = 5,3%.

De forma geral, o efeito dos tratamentos avaliados foi discreto, o que provavelmente esteja relacionado às condições climáticas vigentes por ocasião de sua aplicação, qual seja: um período de chuvas constantes associado a temperaturas amenas (dados não apresentados), não favorecendo as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia. Ademais, alguns atributos químicos do solo também devem ter contribuído para esse efeito, em especial o pH_(água) = 4,9, que por ser baixo, também reduz a probabilidade de perda de N por volatilização de amônia.

Safra 2004/05

Nesta safra, enfatizou-se a avaliação do potencial de perdas de nitrogênio dos fertilizantes por volatilização de amônia, definindo-se o modelo de coletor de amônia com base em informações da literatura internacional e aproveitando-se da experiência ganha no ano anterior, onde se realizou uma primeira tentativa de mensuração da volatilização de amônia em lavoura irrigada por inundação.

Os dados cumulativos de perdas de amônia da uréia e da uréia tratada com o inibidor de urease NBPT (Agrotain®) sob condições de solo seco e saturado são apresentados na Figura 1. Desconsiderando-se a condição de umidade do solo, as perdas médias de amônia proveniente da uréia foram de 18,5%, superando em muito aquelas medidas para o Agrotain®, em média, 2,6% ao longo do período de avaliação. Maiores perdas de amônia da uréia foram determinadas quando da aplicação em solo seco, exceção feita para a primeira época de avaliação, aos dois dias da aplicação do fertilizante, em que as maiores perdas foram determinadas para a condição de solo saturado. Provavelmente este comportamento esteja associado à aceleração da degradação enzimática da uréia decorrente do maior conteúdo inicial de água do solo, conforme relatado por Sankhayan & Shukla (1976). Por sua vez, as perdas de amônia do Agrotain® foram pouco influenciadas pela condição de umidade do solo, o que é explicado pela característica do produto de inibir a ação da urease pelo período de 14 dias, independentemente das condições ambientais. Com relação ao padrão temporal de volatilização de amônia das fontes de N, verifica-se que o

período de maior intensidade de perdas esteve compreendido entre o segundo e o décimo dia da aplicação dos fertilizantes, com destaque para o intervalo de dois a cinco dias, em que a perda média de amônia da uréia foi superior a 10%. Destaca-se, ainda, que para ambas as fontes de N e condições de umidade do solo, as perdas de amônia praticamente estabilizaram-se aos 10 dias após a aplicação dos fertilizantes, coincidindo com o momento de submersão do solo, uma vez que as medidas posteriores a essa data foram feitas em parcelas com lâmina de água.

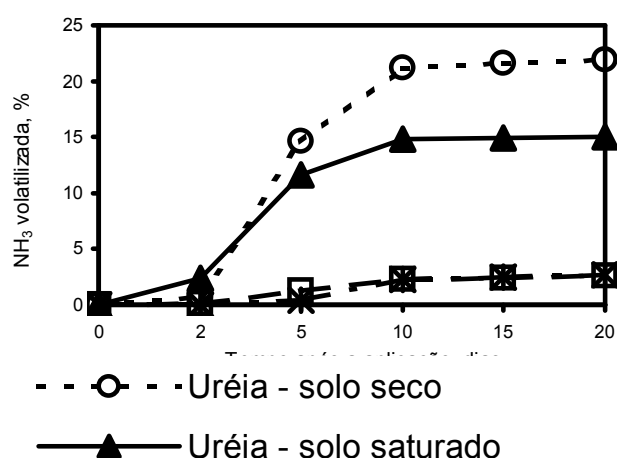


Figura 1. Perdas acumuladas de amônia da uréia e Agrotain®, sob condições de solo seco e saturado nos 20 dias posteriores à aplicação desses fertilizantes.

Efeito dos tratamentos sobre a produtividade de grãos do arroz foi verificado para os fatores fonte de N e intervalo de tempo entre a aplicação dos fertilizantes nitrogenados e a entrada de água na lavoura, bem como para a interação entre esses fatores. Não houve influência do fator umidade do solo e de suas interações com os demais fatores avaliados. Na aplicação de N realizada 10 dias antes da entrada de água, o tratamento da uréia com o inibidor de urease NBPT propiciou maior produtividade de grãos, relativamente à uréia comum. Esse efeito não se manifestou para os intervalos de 1 e 5 dias, onde o desempenho das duas fontes de N foi semelhante. Apenas a uréia sofreu a influência do intervalo de tempo entre a aplicação do fertilizante e a entrada de água na lavoura. As diferenças restringiram-se ao período de 10 dias, que proporcionou menor produtividade de grãos que os demais (Figura 2).

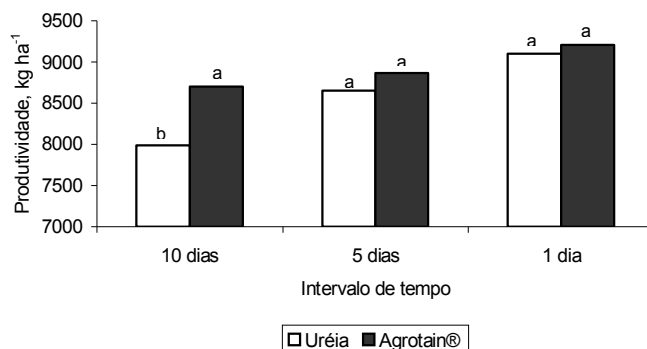


Figura 2. Produtividade de grãos de arroz, em função da fonte de nitrogênio e do intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada no perfilhamento e a entrada de água.

Acompanhando o efeito observado para a variável produtividade de grãos, a acumulação de N na parte aérea (colmos, folhas e grãos) das plantas de arroz foi influenciada pela interação entre a fonte de nitrogênio e o período de tempo entre a aplicação do fertilizante e a entrada de água na lavoura. Apenas quando a cobertura com N foi realizada 10 dias antes do alagamento do solo, o uso de Agrotain® resultou em maior utilização de N pelo arroz. Nos intervalos de tempo menores, o efeito de ambas as fontes de N foi semelhante. O efeito do período de tempo entre a aplicação de N e a entrada de água manifestou-se, exclusivamente, para a uréia. Para esta fonte, maior acumulação de N pelo arroz foi determinada para o período de 1 dia, seguida dos intervalos de 5 dias, com desempenho intermediário, e de 10 dias, com menor acumulação de N (Tabela 23). Estes resultados refletem o padrão temporal de volatilização de amônia da uréia tratada ou não com o inibidor de urease NBPT no sistema em estudo.

Tabela 23. Nitrogênio acumulado na parte aérea das plantas de arroz, em função da fonte de nitrogênio e do intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada no perfilhamento e a entrada de água.

Fonte de N	Intervalo de tempo		
	10 dias	5 dias	1 dia
	kg ha ⁻¹		
Uréia	132,0b B	149,2a AB	162,8a A
Agrotain®	153,7a A	158,6a A	165,1a A

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

A despeito da aceleração da degradação enzimática da uréia decorrente do maior conteúdo de água do solo, quando da aplicação do fertilizante nitrogenado em solo saturado (Sankhayan & Shukla, 1976), não se verificou influência da condição de umidade do solo, por ocasião da primeira cobertura com nitrogênio, sobre a utilização do nutriente pelo arroz, indicando não ser este um fator preponderante na dinâmica do nitrogênio da uréia no sistema de cultivo de arroz irrigado em estudo.

Safra 2005/06

Nesta safra, ocorreram problemas na avaliação das perdas de nitrogênio dos fertilizantes por volatilização de amônia. Estes resultaram da dificuldade de manutenção de lâmina de água no início do experimento, em razão da elevada infiltração de água decorrente da textura grosseira do solo, afetando as medições de amônia volatilizada. Desta forma, o estudo será repetido na safra 2006/07, para verificação dos dados obtidos na safra 2004/05. Nesta avaliação serão avaliadas, porém, doses crescentes de fertilizante, contemplando integralmente o intervalo recomendado pela pesquisa para a região Sul.

Para ambas as condições de umidade do solo, seco e saturado, a análise das variáveis indicadoras do nível de nitrogênio na planta de arroz não apresentou significância das interações tripla ou duplas entre os fatores fonte de N, dose de N e intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água. Porém, o teor de nitrogênio na folha índice, medido em V7 (uma semana após a entrada de água definitiva), foi influenciado pela dose do nutriente, nas condições de solo seco e saturado. Adicionalmente, no solo saturado, houve influência do intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água. Os dados relativos às demais épocas de avaliação (uma semana após a diferenciação da panícula e florescimento pleno) ainda não estão disponíveis, dependendo da conclusão das análises químicas em laboratório. Com relação ao índice relativo de clorofila na folha índice, não se verificou efeito dos tratamentos em nenhuma das épocas de avaliação, para ambas as condições de umidade do solo. Obteve-se, como médias gerais do experimento, os seguintes valores: 36,7 e 34,7; 37,0 e 36,4; 33,6 e 32,9, respectivamente, para as determinações realizadas em solo seco e saturado em V7; uma semana após a DP e no florescimento.

Na amostragem realizada uma semana após a entrada de água definitiva nas parcelas (V7), independentemente da condição de umidade do solo, o teor de nitrogênio na folha aumentou proporcionalmente à dose do nutriente aplicada em cobertura, refletindo sua disponibilidade no meio de

cultivo (Tabela 24). Cabe ressaltar que os dados obtidos retratam, apenas, o efeito da aplicação de metade da dose prevista para os tratamentos, visto que essa amostragem antecedeu a segunda cobertura com N, realizada na diferenciação da panícula. A equivalência no desempenho das fontes testadas de N, a despeito da variação no intervalo de tempo entre a aplicação do fertilizante e a entrada de água, possivelmente se deve à reação ácida do solo utilizado (pH HH 5,5), minimizando a suscetibilidade da uréia a perdas de N, por volatilização de amônia.

Tabela 24. Teor de nitrogênio na folha índice do arroz, em V7, em função da dose do nutriente, para as condições de solo seco e saturado.

Dose de N, kg ha ⁻¹	N / solo seco	N / solo saturado
----- g kg ⁻¹ -----		
40	41,1c	40,1c
80	45,0b	44,1b
120	46,9a	45,8a
CV, %	4,4	4,5

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Com relação ao efeito do intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água sobre o teor foliar de N, maior concentração do nutriente foi determinada para o tratamento onde a aplicação de N antecedeu em cinco dias o alagamento do solo. Este não diferiu, porém, do tratamento em que o período de tempo foi de dez dias, o qual foi equiparado pelo tratamento com intervalo de um dia, que proporcionou menor teor de N na folha (Tabela 25).

Tabela 25. Teor de nitrogênio na folha índice do arroz, em V7, em função do intervalo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água, para a condição de solo saturado.

Intervalo de tempo	N / solo saturado
dias	g kg ⁻¹
1	42,6b
5	44,2a
10	43,1ab
CV, %	4,5

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Possivelmente o resultado verificado resulte da ocorrência de condições edafoclimáticas favoráveis no período de realização das coberturas nitrogenadas, minimizando o efeito da permanência do fertilizante por período variável na superfície do solo e aumentando o seu aproveitamento pela planta. Neste último aspecto, ressaltam-se os teores elevados do nutriente determinados, revelando a intensa absorção de N durante o perfilhamento.

Na condição de solo seco, determinou-se, apenas, significância da interação entre os fatores fonte de N e intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água, a qual se manifestou para a variável índice de colheita. O principal fator interferente foi a dose de nitrogênio, que influenciou as variáveis estatura de planta, produtividade de grãos, índice de colheita e esterilidade de espiguetas. Adicionalmente, a produtividade de grãos foi influenciada pelo intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água. As demais variáveis medidas: número de perfilhos; comprimento da panícula; número de espiguetas por panícula; peso de 1000 grãos e percentual de grãos inteiros e quebrados não sofreram efeito dos tratamentos, apresentando, respectivamente, os seguintes valores médios no experimento: 530 perfilhos m^{-2} ; 23,6 cm; 244 espiguetas panícula⁻¹; 26,94 g; 63,6% e 7,3%.

Já em solo saturado, não houve significância das interações entre os fatores avaliados, tendo-se determinado efeito da dose de nitrogênio para as variáveis número de perfilhos e peso de 1000 grãos, bem como do fator intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água sobre as variáveis produtividade de grãos, número de espiguetas por panícula e percentual de grãos inteiros e quebrados. Os valores médios, no experimento, para as demais variáveis medidas foram: estatura de planta = 84,8 cm; índice de colheita = 0,53; comprimento da panícula = 23,9 cm e esterilidade de espiguetas = 20,8%.

Quando a aplicação do fertilizante nitrogenado foi feita em solo seco, plantas de maior estatura foram obtidas com a aplicação das duas maiores doses de N em cobertura, sendo que o efeito da aplicação de 120 kg ha^{-1} não diferiu daquele proporcionado pela menor dose do nutriente (40 kg ha^{-1}). O aumento no crescimento das plantas de arroz decorrentes da aplicação de doses maiores de nitrogênio não se refletiu na produtividade da cultura, que foi menor no tratamento com aplicação de 120 kg ha^{-1} de N. Também o índice de colheita, que é a razão entre a massa de matéria seca dos grãos e da parte aérea, diminuiu com o aumento da dose de N aplicada; os valores

determinados para as doses 80 e 120 kg ha⁻¹ foram menores que o obtido com a aplicação de 40 kg ha⁻¹ de N. Acompanhado o efeito depressivo do aumento da dose de N sobre o desempenho produtivo da cultura, maior esterilidade de espiguetas foi determinada para o tratamento com aplicação de 120 kg ha⁻¹, superando as propiciadas pelas demais doses, que não diferiram entre si (Tabela 26). Esses resultados indicam que, apesar de a maior dose de N avaliada (120 kg ha⁻¹) estar dentro do intervalo de doses recomendado para o solo utilizado e a produtividade pretendida (Sociedade, 2004), esta foi excessiva, afetando o desempenho produtivo da cultura. Cabe ressaltar, ainda, que esse comportamento ocorreu em um ano agrícola com condições climáticas bastante favoráveis, em termos de radiação solar e temperatura, onde a probabilidade de resposta da cultura ao nitrogênio é elevada. Ademais, as produtividades atingidas foram elevadas, com média superior a 10 t ha⁻¹. Isto demonstra a necessidade de rever as recomendações de adubação nitrogenada para o arroz irrigado, bem como a complexidade de seu manejo, uma vez que vários fatores interferem na resposta da cultura ao nutriente.

Tabela 26. Estatura de planta, produtividade de grãos, índice de colheita e esterilidade de espiguetas de arroz em função da dose de nitrogênio, para a condição de solo seco.

Dose de N	Estatura de planta	Produtividade de grãos	Índice de colheita	Esterilidade de espiguetas
kg ha ⁻¹	cm	kg ha ⁻¹	----	%
40	81,8b	11451a	0,55a	13,1b
80	84,7a	11101a	0,51b	13,3b
120	83,8ab	9367b	0,51b	16,7a
CV, %	3,1	13,2	6,3	26,5

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Ainda para a condição de solo seco, tem-se que o aumento do intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água prejudicou a produtividade da cultura, independentemente da fonte ou dose de nutriente considerada (Tabela 27). Este resultado confirma pressuposto de que o prolongamento do período de exposição do fertilizante na superfície do solo aguardando a incorporação favorece as perdas, com reflexos sobre o desempenho produtivo da cultura.

Com relação à variável índice de colheita, o efeito do intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água manifestou-se, exclusivamente, com o uso de uréia; para este fertilizante, o maior período entre a adubação e o alagamento do solo (dez dias) condicionou menor índice de colheita, relativamente aos demais. Por sua vez, diferenças entre as fontes de N, somente ocorreram para o intervalo de tempo de dez dias, para o qual maior índice de colheita foi determinado para o Agrotain® (Tabela 28). Atribui-se o comportamento verificado à inibição da atividade da urease proporcionada pelo NBPT presente no Agrotain®, minimizando o efeito do período de exposição do fertilizante nitrogenado na superfície do solo sobre as perdas do nutriente e, conseqüentemente, sobre o desempenho produtivo da cultura.

Tabela 27. Produtividade de grãos de arroz, em função do intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água, para a condição de solo seco.

Intervalo de tempo	Produtividade de grãos
dias	kg ha ⁻¹
1	11448a
5	10437ab
10	10035b
CV, %	13,2

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Tabela 28. Índice de colheita do arroz, em função da fonte de nitrogênio e do intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água, para a condição de solo seco.

Fonte de N	Intervalo de tempo, dias		
	1	5	10
Uréia	0,52Aa	0,55Aa	0,47Bb
Agrotain®	0,55Aa	0,54Aa	0,52Aa

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Na condição de solo alagado, a dose média de N (80 kg ha^{-1}) promoveu maior número de perfilhos e peso de 1000 grãos. Porém, seu efeito não diferiu daquele proporcionado pela aplicação de 120 kg ha^{-1} de N, que apresentou desempenho intermediário, equiparado também pelo tratamento com aplicação da menor dose do nutriente (40 kg ha^{-1}) (Tabela 29). Estes resultados reforçam inferência anterior de que o uso da dose de 120 kg ha^{-1} de N para o arroz irrigado, nas condições edafoclimáticas avaliadas, pode ser excessiva, comprometendo a eficiência técnica e econômica da prática de manejo.

Tabela 29. Número de perfilhos e peso de mil grãos de arroz, em função da dose de nitrogênio, para a condição de solo saturado.

Dose de N	Perfilhos	Peso de 1000 grãos
kg ha^{-1}	$\text{N}^{\circ} \text{ m}^{-2}$	g
40	505b	26,69b
80	550a	27,32a
120	529ab	26,80ab
CV, %	8,2	2,5

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Em solo alagado, a adoção dos dois menores intervalos de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água promoveu maior produtividade de grãos de arroz, relativamente ao período de dez dias. Também esse efeito é atribuído à maior predisposição a perdas de N decorrente da permanência do fertilizante por período mais longo na superfície do solo, aguardando a incorporação pela água da chuva ou de irrigação. Com relação à variável número de espiguetas por panícula, maior valor foi obtido com o intervalo de um dia, o qual não diferiu daquele propiciado pelo intervalo de dez dias. Este último foi equiparado, ainda, pelo intervalo de cinco dias, que proporcionou menor número de espiguetas por panícula. Por sua vez, maior percentual de grãos inteiros foi determinado para o intervalo de cinco dias, cujo efeito foi equiparado pelo período de dez dias, o qual não diferiu também do menor período de tempo (um dia). Por sua vez, para o percentual de grãos quebrados; o intervalo de um dia proporcionou maior quebra de grãos, não diferindo, porém, do efeito determinado para o intervalo de cinco dias, cujo desempenho foi equiparado, também, ao do período de dez dias (Tabela 30).

Tabela 30. Produtividade de grãos de arroz, número de espiguetas por panícula e grãos inteiros e quebrados, em função do intervalo de tempo entre a adubação nitrogenada e a entrada de água, para a condição de solo saturado.

Intervalo de tempo	Produtividade de grãos	Espiguetas	Grãos inteiros	Grãos quebrados
dias	kg ha ⁻¹	Nº panícula ⁻¹	----- % -----	
1	10493a	275a	61,1b	9,3a
5	10441a	247b	64,4a	6,0ab
10	9147b	269ab	63,5ab	5,6b
CV, %	11,4	11,2	6,3	31,6

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Também para este experimento ainda não estão disponíveis os dados de absorção e de eficiência de utilização de nitrogênio pelo arroz irrigado, os quais dependem da conclusão das análises químicas de tecido vegetal, que se encontram em fase de execução. Tão logo sejam concluídas, os dados serão analisados e incorporados ao presente relatório.

Doses e parcelamento da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado

Safra 2003/04

Os indicadores do nível de nitrogênio na planta de arroz foram influenciados pela variação na dose de N aplicada no perfilhamento, exceção feita para o índice relativo de clorofila (IRC), na avaliação realizada na DP (Tabela 31). Para as variáveis com significância estatística, os valores medidos aumentaram proporcionalmente à dose de N fornecida à planta, demonstrando sua sensibilidade à variação na disponibilidade de N no sistema solo-planta e, portanto, à resposta da planta à adubação nitrogenada. Esses resultados são um indicativo da possibilidade de uso das variáveis índice de área foliar (IAF) e teor de N na parte aérea da planta de arroz na estimativa da necessidade de realização de adubação nitrogenada complementar na diferenciação da panícula. Isto se aplica, também, às medidas de IRC realizadas durante o perfilhamento da planta.

Tabela 31. Índice de área foliar (IAF), índice relativo de clorofila na folha (IRC) e teor de nitrogênio na parte aérea (N) do arroz, em função da dose de nitrogênio aplicada no perfilhamento. Avaliações realizadas em V7-V8 e na diferenciação da panícula (DP).

N Perf.	IAF		IRC		N	
	V7-V8	DP	V7-V8	DP	V7-V8	DP
kg ha ⁻¹	cm ² cm ⁻²		----		g kg ⁻¹	
0	0,57c	0,77c	21,5c	30,9a	15,6c	11,8c
30	0,85b	1,08b	28,8b	31,2a	18,4b	12,7b
60	1,26a	1,45a	30,3a	32,4a	22,1a	13,7a
CV, %	26	18	7	4	15	9

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Com relação ao desempenho agrônomo e produtivo da cultura, efeito do fator dose de N na diferenciação da panícula foi verificado para as variáveis estatura de planta, produtividade de grãos e percentuais de grãos inteiros e quebrados. Já o fator dose de N no perfilhamento influenciou, além dessas variáveis, o número de perfilhos. A interação entre os dois fatores não foi significativa para nenhuma das variáveis medidas (Tabelas 32 e 33).

Tabela 32. Estatura de planta, número de perfilhos, produtividade de grãos, peso de 1000 grãos e percentuais de esterilidade e de grãos inteiros e quebrados, em função da dose de nitrogênio aplicada no perfilhamento.

N perf.	Estatura	Nº perf.	Produtiv.	Peso	Esterilidade ¹	Grãos	
			grãos	1000 grãos		Inteiros	Quebrados
kg ha ⁻¹	cm	Nº m ⁻²	kg ha ⁻¹	g	-----	%	-----
0	70,1b	466c	6366c	24,2a	11,6a	70,1b	4,9ab
30	71,8ab	555b	7258b	24,4a	12,2a	69,9b	5,6a
60	73,9a	624a	7986a	24,4a	12,8a	71,7a	4,4b
CV, %	2	5	4	2	6	2	11

¹Valores transformados para arco seno $(x/100)^{1/2}$.

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Tabela 33. Estatura de planta, número de perfilhos, produtividade de grãos, peso de 1000 grãos e percentuais de esterilidade e de grãos inteiros e quebrados, em função da dose de nitrogênio aplicada na diferenciação da panícula.

N perf.	Estatura	Nº perf.	Produtiv. grãos	Peso 1000 grãos	Esterilidade ¹	Grãos	
						Inteiros	Quebrados
kg ha ⁻¹	cm	Nº m ⁻²	kg ha ⁻¹	g	-----	%	-----
0	69,7b	533a	6486b	24,8a	11,6a	69,8b	5,7a
30	72,1ab	561a	7337a	24,3a	12,2a	70,4ab	4,9ab
60	74,1a	552a	7787a	24,0a	12,8a	71,5a	4,2b
CV, %	4	12	9	4	11	2	26

¹Valores transformados para arco seno $(x/100)^{1/2}$.

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Em ambas as épocas de aplicação de N, perfilhamento e diferenciação da panícula, plantas de maior estatura foram obtidas nos tratamentos com aplicação de N; a menor dose de N (30 kg ha⁻¹) não diferiu, porém, da testemunha sem adubação nitrogenada (Tabelas 32 e 33). Estes resultados demonstram que o nitrogênio favoreceu o crescimento das plantas de arroz, sendo o efeito proporcional à dose utilizada. A aplicação de N na fase inicial de desenvolvimento do arroz favoreceu, ainda, o perfilhamento das plantas. Também para esta variável, o efeito aumentou com a dose de nitrogênio (Tabela 32).

O maior desenvolvimento vegetativo observado para as plantas de arroz que receberam adubação nitrogenada refletiu-se em aumento na produtividade de grãos. O efeito da aplicação no perfilhamento foi proporcional à dose de N. Assim, maior produtividade de grãos foi determinada para o tratamento com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, seguido pelo tratamento onde foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de N e, finalmente, pela testemunha sem adubação nitrogenada (Tabela 32). Por sua vez, para a aplicação realizada na diferenciação da panícula, o efeito das doses 30 e 60 kg ha⁻¹ de N foi semelhante entre si e superior ao da testemunha (Tabela 33).

A resposta positiva em produtividade do arroz aos níveis de adubação nitrogenada, verificada neste estudo, é explicada pela ocorrência de condições favoráveis de radiação solar e de temperatura nas fases reprodutiva e de maturidade (Steinmetz & Mota, 1974), bem como à baixa

fertilidade natural do solo utilizado, condicionando maior resposta da planta ao nutriente.

Para ambas as épocas de aplicação, não se observou efeito da dose de N sobre as variáveis peso de 1000 grãos e percentual de esterilidade de espiguetas (Tabelas 32 e 33). A média geral do experimento, determinada para a primeira variável, foi bem próxima ao valor de referência estabelecido para a cultivar utilizada (24,38 g). Por sua vez, o valor médio de esterilidade verificado também foi compatível com as condições de temperatura vigentes na fase reprodutiva.

Com relação ao rendimento de engenho, maior percentual de grãos inteiros foi determinado para o tratamento com aplicação da dose mais elevada de N (60 kg ha^{-1}). Porém, para a aplicação na diferenciação da panícula, o efeito deste não diferiu daquele determinado para o tratamento com aplicação de 30 kg ha^{-1} de N. Por outro lado, os maiores percentuais de grãos quebrados foram determinados para os tratamentos com omissão ou aplicação de 30 kg ha^{-1} de N. No caso da aplicação no perfilhamento, o efeito da testemunha sem N não diferiu, porém, daquele observado para o tratamento com aplicação de 60 kg ha^{-1} de N. Já para a aplicação na diferenciação da panícula, o tratamento 30 kg ha^{-1} de N não diferiu daquele com aplicação da maior dose de nitrogênio (Tabelas 32 e 33).

Quanto às variáveis associadas à acumulação de nitrogênio pelo arroz, o efeito dos tratamentos restringiu-se ao fator dose de N aplicada no perfilhamento. Este se manifestou, exclusivamente, para a variável quantidade de nitrogênio acumulada nos grãos, que representa a exportação do nutriente pela colheita (Tabelas 34 e 35). A análise desses dados mostra que a exportação do nutriente aumentou proporcionalmente à dose aplicada no perfilhamento. Assim, maior exportação de N foi determinada para o tratamento com aplicação de 60 kg ha^{-1} de N, o qual não diferiu significativamente do tratamento com aplicação de 30 kg ha^{-1} de N, o qual foi equiparado, também, pelo tratamento testemunha sem adição do nutriente. Fica evidente, ainda, a importância da cobertura com nitrogênio realizada no início do perfilhamento sobre a utilização do nutriente pelo arroz irrigado; esta foi determinante na definição do potencial de produtividade e na definição da magnitude de absorção de N pela cultura. O efeito da adubação realizada na diferenciação da panícula foi menor, complementando aquele estabelecido pela primeira cobertura nitrogenada.

Tabela 34. Quantidade de nitrogênio acumulada nos colmos e folhas, nos grãos e na parte aérea do arroz, em função da dose de nitrogênio aplicada no perfilhamento.

N perf.	Colmos e folhas	Grãos	Parte aérea
kg ha ⁻¹	-----	kg ha ⁻¹	-----
0	24,0a	47,8b	71,7a
30	30,8a	62,3ab	93,0a
60	28,9a	64,0a	92,9a
CV, %	16,2	15,0	14,9

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Tabela 35. Quantidade de nitrogênio acumulada nos colmos e folhas, nos grãos e na parte aérea do arroz, em função da dose de nitrogênio aplicada na diferenciação da panícula.

N perf.	Colmos e folhas	Grãos	Parte aérea
kg ha ⁻¹	-----	kg ha ⁻¹	-----
0	26,2a	54,2a	80,4a
30	25,2a	54,0a	79,3a
60	32,2a	65,8a	98,0a
CV, %	28,3	24,5	24,2

¹N(Perf.)/N(DP): parcelamento da aplicação de N entre o perfilhamento e a diferenciação da panícula.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Vale ressaltar que aproximadamente dois terços do nitrogênio absorvido pelo arroz foram exportados pela colheita, independentemente da dose do nutriente aplicada via adubação mineral. Ademais, a diferença entre a extração e exportação de nitrogênio verificada para os tratamentos com ou sem a aplicação do nutriente foi relativamente pequena, de cerca de 20 kg ha⁻¹ de N. Isto indica, por um lado, a grande contribuição do meio de cultivo para o suprimento de nitrogênio para o arroz irrigado e, por outro, a baixa eficiência de utilização do nutriente aportado ao sistema, via adubação, confirmando dados obtidos em sistema de cultivo semelhante (Scivittaro et al., 2002). Torna-se, pois, necessário avaliar meios para racionalizar a adubação nitrogenada do arroz, com vistas a otimizar a utilização do insumo, sob os pontos de vista técnico e econômico.

Safra 2004/05

Com relação à avaliação do desempenho agrônômico e produtivo do arroz irrigado, não se verificou significância da interação entre os fatores dose de N no perfilhamento e dose de N na diferenciação da panícula para nenhuma das variáveis medidas. O efeito do fator dose de N no perfilhamento restringiu-se às variáveis produtividade de grãos e massa de 1000 grãos (Tabela 36) e do fator dose de N na diferenciação da panícula à variável produtividade de grãos (Tabela 37).

O efeito da aplicação de nitrogênio, tanto no início do perfilhamento como na diferenciação da panícula, foi proporcional à dose aplicada do nutriente. Assim, maior produtividade de grãos foi determinada para o tratamento com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, seguido pelos tratamentos onde foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de N, com desempenho intermediário, e pela testemunha sem adubação nitrogenada, que proporcionou menor produtividade (Tabelas 36 e 37).

A resposta positiva em produtividade do arroz aos níveis de adubação nitrogenada, independentemente da época de aplicação, é explicada, também nesta safra, pela ocorrência de condições favoráveis de radiação solar e de temperatura na fase reprodutiva (Steinmetz & Mota, 1974), bem como à baixa fertilidade natural do solo utilizado, condicionando elevada resposta da planta ao nutriente, a semelhança do ocorrido na safra 2003/04.

Tabela 36. Produtividade de grãos, número de espiguetas por panícula, peso de 1000 grãos, índice de colheita e percentuais de esterilidade e de grãos inteiros e quebrados, em função da dose de N aplicada no perfilhamento (Perf.).

Nitrogênio Perf.	Produt. grãos	Espiguetas panícula	Peso 1000 grãos	Índice colheita	Esterilidade	Grãos	
						Inteiros	Quebrados
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	Nº	g	---	-----	%	-----
0	6433c	89a	23,29b	0,56a	16,1a	63,7a	5,5a
30	7269b	104a	24,40a	0,55a	15,8a	64,0a	4,5a
60	8283a	103a	24,55a	0,55a	16,2a	61,7a	5,1a
CV, %	5	12	3	3	9	2	18

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p < 0,05).

Tabela 37. Produtividade de grãos, número de espiguetas por panícula, peso de 1000 grãos, índice de colheita e percentuais de esterilidade e de grãos inteiros e quebrados, em função da dose de N aplicada na diferenciação da panícula (DP).

Nitrogênio DP	Produt. grãos	Espiguetas panícula	Peso 1000 grãos	Índice colheita	Esterilidade	Grãos	
						Inteiros	Quebrados
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	Nº	g	----	-----	%	-----
0	6579c	94a	24,29a	0,54a	16,8a	63,0a	5,0a
30	7322b	107a	23,89a	0,56a	16,2a	63,8a	4,9a
60	8074a	95a	24,05a	0,56a	15,1a	62,6a	5,2a
CV, %	8	23	4	7	18	2	30

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Para a aplicação de N realizada no início do perfilhamento, determinou-se maior peso de 1000 grãos para os tratamentos com aplicação de adubação nitrogenada, que não diferiram entre si, superando em desempenho a testemunha sem adubação (Tabela 36). Vale destacar que a omissão de adubação nitrogenada no início do perfilhamento, independentemente da dose do nutriente aplicada na diferenciação da panícula, proporcionou um desempenho, para essa variável, inferior ao valor de referência estabelecido para a cultivar utilizada (24,38 g).

Em ambas as épocas de adubação, não se observou efeito da dose de N sobre as variáveis número de espiguetas por panícula, índice de colheita e percentuais de esterilidade de espiguetas, de grãos inteiros e de grãos quebrados (Tabelas 36 e 37). As médias gerais do experimento, para essas variáveis, foram, respectivamente, 99 grãos panícula⁻¹; 0,55; 16,0%; 63,1% e 5,0%.

Os resultados demonstram que o efeito principal da adubação nitrogenada sobre o desempenho produtivo do arroz irrigado esteve associado à dose do nutriente. Ressalta-se, ainda, que devido às condições climáticas excepcionalmente favoráveis à cultura ocorridas na safra 2004-05, da baixa disponibilidade de nutrientes no solo utilizado, em especial nitrogênio, e da adequação dos demais fatores de produção, evidenciou-se uma tendência de resposta da cultura à aplicação de doses mais elevadas de N, conforme preconizado em Sociedade (2004). Desta forma, a avaliação conclusiva sobre o efeito do parcelamento da adubação nitrogenada entre o

início do perfilhamento e a diferenciação da panícula exige a repetição do estudo, com a ampliação dos níveis de adubação nitrogenada.

Com relação à avaliação da extração e exportação de nitrogênio pelo arroz irrigado, não se verificou significância da interação entre os fatores dose de N no perfilhamento e dose de N na diferenciação da panícula para nenhuma das variáveis medidas. Da mesma forma, não houve efeito do fator dose de N na diferenciação da panícula. Por outro lado, tanto a acumulação de nitrogênio nos colmos e folhas e na parte aérea, quanto à exportação do nutriente pelos grãos, foram influenciadas pela dose de N aplicada no perfilhamento.

O efeito da aplicação de nitrogênio no perfilhamento sobre a acumulação do nutriente pelo arroz esteve relacionado, principalmente, à aplicação do nutriente, relativamente à sua omissão. Nos colmos e folhas e na parte aérea, maior acúmulo de N foi determinado para o tratamento com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, o qual não diferiu estatisticamente, porém, do tratamento onde foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de N. Este foi equiparado, também, pela testemunha sem adubação nitrogenada, com menor acumulação de N. Para os grãos, não houve diferença no efeito proporcionado pelas doses de 30 e 60 kg ha⁻¹, que foi superior ao do tratamento testemunha sem a aplicação de N no perfilhamento (Tabela 38).

Os resultados obtidos evidenciam expressiva exportação de nitrogênio pelos grãos, representado cerca de dois terços do total acumulado na parte aérea do arroz. Isto reforça a importância da aplicação do nutriente para garantir produtividades elevadas à cultura e repor as quantidades removidas pela colheita.

Tabela 38. Quantidade de nitrogênio acumulada nos colmos e folhas do arroz, nos grãos e na parte aérea do arroz, em função da dose de nitrogênio aplicada no perfilhamento.

Nitrogênio Perf. kg ha ⁻¹	Colmos e folhas	Grãos kg ha ⁻¹	Parte aérea
0	29,0b	64,0b	93,0b
30	35,2ab	76,8a	112,0ab
60	39,7a	88,8a	128,4a
CV, %	12,0	9,6	19,1

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan (p < 0,05).

Safra 2005/06

Para esta safra, encontram-se disponíveis, até o presente momento, dados parciais relativos à avaliação do estado nutricional da cultura e os dados referentes ao desempenho agrônômico e produtivo do arroz irrigado. As demais avaliações previstas dependem da conclusão de determinações laboratoriais do teor de nitrogênio no tecido vegetal. Estas, a medida em que forem disponibilizadas, serão tabuladas, analisadas e as informações geradas serão incorporadas ao relatório do projeto.

A interação entre os fatores dose de N no perfilhamento e dose de N na diferenciação da panícula foi significativa para as variáveis teor de N e índice relativo de clorofila na folha, medidos 10 dias após a diferenciação da panícula. Para as demais variáveis, determinou-se, apenas, efeito do fator dose de N no perfilhamento.

No estágio de sete folhas (V7), tanto o teor de nitrogênio quanto o índice relativo de clorofila na folha do arroz aumentaram proporcionalmente à dose de N aplicada no início do perfilhamento (V4 a V5); os dados foram ajustados aos modelos lineares: $y = 0,0087x + 3,56$; $R^2 = 0,96^{**}$ e $y = 0,033x + 29,82$; $R^2 = 0,62^*$, respectivamente. Esses resultados mostram que ambas as variáveis foram boas indicadoras do nível de nitrogênio na planta, refletindo a disponibilidade do nutriente no meio de cultivo e sua absorção pelas plantas de arroz.

Na avaliação realizada após a segunda cobertura nitrogenada (10 dias após a diferenciação da panícula), o efeito da dose de N aplicada no perfilhamento manifestou-se, apenas, para os tratamentos com omissão do nutriente na DP. Neste caso, o teor de N no tecido foliar aumentou a medida em que se elevou a dose do nutriente aplicada no perfilhamento ($y = 0,0054x + 2,611$; $R^2 = 0,76^*$). Por outro lado, nos tratamentos com aplicação de N na diferenciação da panícula, independentemente da dose, houve equiparação entre tratamentos no teor de N na folha, a despeito da variação na dose de nutriente aplicada no início do perfilhamento. Com relação ao índice relativo de clorofila na folha, o efeito da variação da dose de N aplicada na diferenciação da panícula restringiu-se aos tratamentos em que não se realizou cobertura com N no início do perfilhamento (Tabela 39). Assim, maior IRC na folha foi determinado para os tratamentos que receberam cobertura nitrogenada na DP (45 ou 90 kg ha⁻¹ de N), superando o efeito propiciado pelo tratamento sem aplicação de N na DP.

Tabela 39. Índice relativo de clorofila na folha índice do arroz, determinado 10 dias após a diferenciação da panícula, em função da dose de nitrogênio aplicada no início do perfilhamento e na diferenciação da panícula.

N DP kg ha ⁻¹	N Perfilhamento, kg ha ⁻¹				
	0	30	60	90	120
0	31,2b	32,3a	33,6a	35,3a	34,6a
45	35,8a	34,9a	34,7a	37,7a	35,8a
90	36,1a	35,6a	37,1a	37,8a	36,1a
CV[N Perfilhamento] = 4,4%			CV [N DP] = 5,6%		

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

O efeito da dose de N aplicada no início do perfilhamento sobre a estatura das plantas de arroz foi ajustado à equação: $y = 0,0011x^2 - 0,0822x + 81,82$; $R^2 = 0,96^{**}$, para o qual determinou-se um valor mínimo correspondente à dose de 37,4 kg ha⁻¹ de N. Também o efeito da dose de nitrogênio aplicada no início do perfilhamento sobre a produtividade de grãos de arroz foi descrito por modelo quadrático ($Y = -0,489x^2 + 65,693x + 6901$; $R^2 = 0,73^{**}$), com valor máximo correspondente à aplicação de 67,2 kg ha⁻¹ de N.

Confirmando os dados das safras anteriores, os resultados obtidos demonstram que o efeito principal da adubação nitrogenada sobre o nível de nitrogênio na planta e o desempenho produtivo da cultivar BRS Querência está associado à dose do nutriente aplicada no início do perfilhamento. Ressalta-se, ainda, que a despeito das condições climáticas favoráveis ocorridas na safra 2005-06, predispondo maior resposta da cultura à adubação nitrogenada, esta se manteve dentro dos níveis preconizados pela pesquisa por Sociedade (2004). Acrescenta-se que, mesmo o fornecimento de doses elevadas de N em cobertura, não propiciou a expressão integral do potencial de produtividade da cultivar BRS Querência, demonstrando que outros fatores associados à região agroecológica de cultivo (Grandes Lagoas, Rio Grande do Sul), em especial o tipo de solo, limitaram a produtividade da cultura.

Conclusões

O retardamento na entrada de água em até três semanas após o início do perfilhamento favorece o estado nutricional, desempenho produtivo e a

absorção de nitrogênio pela cultura do arroz irrigado, independentemente do parcelamento da adubação nitrogenada entre o início do perfilhamento e a diferenciação da panícula.

O uso do inibidor de urease NBPT possibilita que a aplicação de uréia anteceda em mais de 5 dias a entrada de água na lavoura de arroz sem prejuízo para a produtividade e a utilização de nitrogênio pela cultura de arroz irrigado.

O uso do inibidor de urease NBPT reduz em até 20% as perdas de amônia da uréia, representando um ganho ambiental significativo.

A aplicação de doses crescentes de N, tanto no perfilhamento como na diferenciação da panícula, favorece o desempenho produtivo e a utilização de nitrogênio pelo arroz irrigado, com destaque para a primeira época, cujo efeito é preponderante.

Os indicadores teor de nitrogênio, índice relativo de clorofila na folha e índice de área foliar expressam o nível de N na planta de arroz, bem como o suprimento do nutriente no meio de cultivo. Ademais, esses indicadores podem ser utilizados na predição da necessidade de adubação nitrogenada complementar e da produção da cultura.

A eficiência de utilização de nitrogênio do fertilizante pelo arroz irrigado é baixa, não superando um terço do total aportado ao sistema. Mais de dois terços do nitrogênio utilizado pela cultura provém do meio de cultivo, incluindo o solo, a água de irrigação e resíduos culturais.

Referências

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo: SBCS Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, p.436-443, 2000.

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

FILLERY, I. R. P.; SIMPSON, J. R.; DE DATTA, S. K. Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from flooded rice. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 914-920, 1984.

FREIRE, C. J. da S. **Manual de métodos de análise de tecido vegetal, solo e calcário**. 2.ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 201p.

GOMES, A. da S.; AZAMBUJA, I. H. V. Uso e manejo de água nas lavouras de arroz do RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ, 1., 2003, Pelotas. **Anais**. Passo Fundo: Associação Brasileira de Pós-Colheita, 2003. p. 57-81.

MARTINS, J. F. da S.; CARBONARI, J. J.; PRANDO, H. F. Gorgulho-aquático-do-arroz, *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A.; CANTOR, F. Ed. **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p.128-134.

NOMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 39, p. 309-318, 1973.

NORMAN, R.J.; HELMS, R.S.; WELLS, B.R. Influence of delaying flood and pre-flood nitrogen application on dry-seeded rice. **Fertilizer Research**, v. 32, p. 55-59, 1992a.

NORMAN, R. J.; WOLF, D. C.; WELLS, B. R.; HELMS, R. S.; SLATON, N. A. Influence of application time and soil moisture condition on yield and recovery of fertilizer ¹⁵N in dry-seeded rice. In: NORMAN, R. J.; WELLS, B. R. (Ed.). **Arkansas rice research studies**. Fayetteville: Arkansas Experiment Station Research, 1992b. p.7-10 (Research series, 425)

SANKHAYAN, S. D.; SHUKLA, V. C. Rates of urea hydrolysis in five soils of India. **Geoderma**, v. 16, p. 171-178, 1976.

SCIVITTARO, W. B.; SILVA, C. A. S. da; ANDRES, A.; OLIVEIRA, A. P. B. B. de; ÁVILA, M. S. V. de; MURAOKA, T.; TRIVELIN, P. C. O. Dinâmica do nitrogênio em sistema de produção de arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1./REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 543-546.

SNYDER, C. S.; SLATON, N. A. Rice production in the United States - an overview. **Better Crops**, Washington, v. 85, n. 3, p. 3-7, 2001.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. Ed. Porto Alegre, SBCS, 2004. 400 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí: SOSBAI, 2003. 126 p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria: SOSBAI, 2003. 159 p.

STEINMETS, S.; INFELD, J.A.; MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; MARIOT, C.H.P.; MARAL, A.G.; FERREIRA, J.S.A. **Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 31p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 81).

STEINMETZ, S. e MOTTA, F. S. Comportamento de seis cultivares de arroz submetidas a quatro níveis de adubação nitrogenada e sua relação com a radiação solar. In: REUNIÃO GERAL DA CULTURA DO ARROZ, 4., Pelotas, 1974. **Anais**. Pelotas, IRGA/IPEAS, 1974. p. 97-105.

WILSON JUNIOR, C. E.; BOLLIICH, P. K.; NORMAN, R. J. Nitrogen application timing effects on nitrogen efficiency of dry-seeded rice. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 62, p. 959-964, 1998.

Capítulo 03

José Francisco da Silva Martins

Anderson Dionei Grützmacher

Daniel Fernandes Franco

Maria Laura Turino Mattos

Uemerson Silva da Cunha

Walkyria Bueno Scivittaro

Manejo integrado do gorgulho-aquático (*Oryzophagus oryzae*) com ênfase no aperfeiçoamento da tecnologia de aplicação de inseticidas

Introdução

Este Plano de Ação busca aperfeiçoar o manejo de inseticidas direcionados ao controle do gorgulho-aquático *Oryzophagus oryzae*, visto este inseto ser um dos mais prejudiciais à cultura do arroz irrigado. Em todas as safras, causa prejuízos de 10 a 25% à produtividade da cultura. Os prejuízos, atribuídos principalmente às larvas (bicheira-da-raiz), são mais expressivos em determinadas condições. Dependem, entre outros fatores, do sistema de cultivo, do manejo da água de irrigação, da adubação, principalmente da nitrogenada, do grau de resistência da cultivar, da maneira como é tomada a decisão de controle químico, bem como da forma como este é realizado (MARTINS et al., 2001).

Algumas práticas de manejo do arroz irrigado reduzem a população de *O. oryzae*. Em determinadas situações, porém, não evitam a ocorrência de níveis de infestação larval economicamente prejudiciais à cultura, tornando necessário o uso de inseticidas químicos, aumentando os custos de produção e os riscos de contaminação ambiental (MARTINS et al., 2001). Há três métodos de aplicar inseticidas em arroz irrigado, visando evitar os danos causados por

O. oryzae. A aplicação do inseticida carbofurano granulado, diretamente na água de irrigação, visando à mortalidade de larvas, foi o método mais usado para controle do inseto. O tratamento de sementes e a pulverização foliar de arroz, cerca de três dias após a inundação do arrozal, dependendo dos ingredientes ativos testados, indicaram ser altamente eficientes no controle de *O. oryzae*, fornecendo resultados iguais aos da aplicação de carbofurano na água de irrigação (BOTTON et al., 1999).

O tratamento de sementes e a pulverização foliar basicamente agem como métodos preventivos ao crescimento da população larval de *O. oryzae*, reduzindo drasticamente as possibilidades de danos às raízes. O tratamento da água de irrigação, de caráter curativo, ao contrário, não evita que as larvas causem algum dano às raízes, no período compreendido entre a inundação do arrozal e a aplicação de inseticidas granulados. Este método, porém, apresenta maior flexibilidade quanto ao momento de aplicação dos inseticidas, podendo oscilar entre 10 a 20 dias após a irrigação por inundação.

O potencial para adoção do tratamento de sementes é maior em áreas onde há histórico de ocorrência anual de insetos de solo que atacam sementes, ou partes subterrâneas das plantas, no período pré-inundação. No sistema convencional de cultivo, o tratamento de sementes, além de reduzir os danos causados pela bicheira-da-raiz, poderá controlar, com relativa eficiência, outros insetos prejudiciais à cultura, desde a emergência das plantas à irrigação por inundação, dentre os quais se destacam o pulgão-da-raiz (*Rhopalosiphum rufiabdominale*, a pulga-do-arroz (*Chaetocnema* sp.), o cascudo-preto (*Euetheola humilis* Burm.) e a lagarta-da-folha (*Spodoptera frugiperda*).

O interesse pelo tratamento de sementes tem aumentado, ultimamente, por dois motivos principais: (1) a possibilidade da aplicação de inseticidas às sementes permite sensível redução da densidade de semeadura, com reflexos positivos na minimização de custos de produção, devido a menores gastos com a aquisição de sementes (MARTINS et al., 2000) e (2) perspectiva da utilização de híbridos de arroz, tecnologia que envolve reduzidas densidades de semeadura, porém, para garantia de uma população mínima adequada de plantas na lavoura passará a depender do tratamento de sementes. É importante evidenciar que em ambas as situações, de menos uso de sementes, menor quantidade de inseticida será carregada por meio destas ao solo.

Entre os inseticidas testados para controle de *O. oryzae*, via tratamento de sementes, o ingrediente ativo carbosulfano tem obtido desempenho similar ao do inseticida fipronil (BOTTON et al., 1999), sendo este último já registrado para controle do inseto (SOSBAI, 2005). Outros estudos têm demonstrado ser possível reduzir em até 60% a dose de inseticidas aplicados às sementes e manter elevada a eficiência de controle de *O. oryzae* (GRÜTZMACHER et al., 2000). Aplicações às sementes, até 90 dias pré-semeadura, não afetaram seus vigor e poder germinativo, e mantiveram elevada eficiência no controle do inseto (Martins, informação pessoal).

Considera-se que a redução da densidade de semeadura associada à redução de doses de inseticidas poderá constituir-se em uma estratégia capaz de minimizar custos de produção e de riscos de impacto ambiental negativo. A possibilidade de antecipar a aplicação de inseticidas às sementes em relação à data de semeadura, proporcionara, entre outros aspectos: 1) maior flexibilidade no uso de equipamentos destinados a esse tipo de tratamento, facilitando a operação nas empresa orizícolas ou mesmo a terceirização do serviço e, conseqüentemente, 2) menor risco de contaminação de operadores e ambiente.

Recentemente, o inseticida carbofurano granulado, usado no tratamento da água de irrigação, foi submetido a estudos de redução de dosagens, obtendo registro para aplicação aérea em arrozais irrigados (ANDEF, 2001). Estudos paralelos sobre deriva do inseticida indicaram ser possível recuar o alinhamento de alguns vãos para o interior das lavouras, dependendo da velocidade do vento, e ainda obter em áreas não sobrevoadas, controle satisfatório do inseto (MARTINS et al., 2002). Ademais, consta na literatura que o inseticida carbofurano exerce efeito fitotônico nas plantas de arroz (VENUGOPAL e LITSINGER, 1980), aspecto este ainda não estudado nas condições de várzeas subtropicais. Há necessidade de um estudo esclarecedor sobre o efeito fitotônico do carbofurano em arroz, visando obter subsídios para evitar um manejo incorreto do inseticida. O correto é realizar as aplicações somente quando a população larval atingir o nível de controle, e não simplesmente contar com o efeito fitotônico do produto.

A possibilidade de inserção e de manutenção de inseticidas no sistema de manejo integrado de *O. oryzae*, como no caso do carbosulfano e carbofurano, respectivamente, deve ser avaliada não somente pela elevada eficácia que mostrarem no controle do inseto, mas também quanto aos

riscos ambientais que apresentem aos ecossistemas onde é praticada a orizicultura irrigada. Neste sentido, este plano de pesquisa contempla os seguintes objetivos:

Objetivo geral

Aperfeiçoar a tecnologia de aplicação dos inseticidas carbofurano e carbosulfano voltada ao controle do gorgulho-aquático *O. oryzae*, visando à manutenção ou elevação dos índices de produtividade da cultura do arroz irrigado, como base ao aumento da sua rentabilidade, com maior segurança alimentar e ambiental.

Objetivos específicos:

- Avaliar os efeitos técnico e econômico da redução da dose de carbosulfano
- Avaliar o efeito da aplicação de carbosulfano às sementes, pré-data de semeadura
- Apoiar estudos sobre biodegradação de carbosulfano no ecossistema orizícola
- Reavaliar a extensão da deriva de carbofurano granulado, aplicado por via aérea
- Avaliar o efeito fitotônico do carbofurano granulado.

Atividades de pesquisas compromissadas

Inicialmente, foram previstas realizações de uma atividade em casa-de-vegetação e três atividades em campo, sendo duas em áreas da Embrapa Clima Temperado e uma em lavoura comercial. Essas atividades, após os três anos de execução deste PA, enquadram-se nas situações relatadas a seguir:

Efeito de diferentes doses de carbosulfano aplicadas às sementes de arroz, no controle de *Oryzophagus oryzae*

Safra 2003/04:

O experimento foi instalado (22/11/03) em delineamento de blocos casualizados, com seis tratamentos (cinco químicos e uma testemunha) e quatro repetições, conforme os seguintes procedimentos metodológicos: (a)

tratamento de sementes três horas antes da semeadura, com os inseticidas carbosulfano (Fênix 250 TS: 125, 250 e 375 g i.a./100 kg) e fipronil (Standak 250 FS: 62,5g i.a./100 kg), e retirada de amostras para análise de poder germinativo e vigor; (b) semeadura em parcelas experimentais com 2 m², consistindo de 5 fileiras de plantas com 2 m de comprimento (espaçadas 0,2 m), da cultivar BRS Firmeza, na densidade de 120 sementes viáveis por metro linear (as parcelas, posteriormente, foram cercadas por taipas, com controle individual da entrada e saída da água de irrigação, visando evitar a mistura de tratamentos); (c) contagem de plantas, 10 dias após a emergência (DAE), em toda a extensão da 2^a, 3^a e 4^a fileiras das parcelas, e retirada de quatro amostras-padrão de solo e raízes (duas na 2^a fileira e duas na 4^a fileira), para contagem de pragas de solo; (d) início da irrigação, por inundação, 30 dias após a emergência das plantas; (e) aplicação do inseticida carbofurano (Furadan 100 G, 400 g i.a.ha⁻¹), em cobertura na água de irrigação, 20 dias após a inundação (DAI), por meio de um aplicador manual tipo saleiro; avaliação da população larval 25 e 40 DAI, por meio da retirada, em cada parcela, de quatro amostras-padrão de solo e raízes, com \pm 8,5 cm de altura e 10 cm de diâmetro.

Conforme relatado na Reunião de Apresentação de Resultados (Embrapa Clima Temperado/FMC), realizada em outubro/2004, na Estação Experimental de Terras Baixas, o nível de infestação de pragas de solo (que ocorrem no período que antecede a irrigação por inundação) e de larvas do gorgulho-aquático (bicheira-da-raiz, pós-inundação), foi baixíssimo no experimento, portanto impossibilitando a obtenção de resultados em 2003/04. Na época, os seguintes aspectos ("problemas") foram apontados como possíveis causas desta situação: 1) escape das plantas de arroz da infestação do inseto devido à época de semeadura tendendo à tardia; 2) manejo inadequado da água de irrigação, predominando o sistema intermitente, havendo demora para fixação definitiva da lâmina de água na altura mais favorável ao estabelecimento da infestação do inseto; 3) atraso na confecção das taipas, o que pode ter resultado na mistura de tratamentos, via água da chuva; 4) influência negativa da infestação de plantas daninhas sobre a infestação do inseto.

Safra 2004/05:

Nesta safra o experimento foi instalado mais cedo (23/10/05), com sete tratamentos: carbosulfano (Fênix 250 TS, 125, 250 e 375 g i.a./100 kg de sementes); fipronil (Standak 250 FS, 30 e 40 g i.a./100 kg de sementes); carbofurano (Furadan 100 G, 400 g i.a.ha⁻¹) e testemunha, (sem aplicação

de inseticida).

Adotaram-se procedimentos metodológicos similares aos do experimento de 2003/04, com algumas alterações: parcelas experimentais de 7,2 m² (nove fileiras de plantas de 4 m de comprimento, espaçadas 0,20 m); uso da cultivar BRS 7 "Taim", semeada na densidade de 100 sementes viáveis por metro linear.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Com base no teste de Hartley, não houve transformação de dados para a análise estatística. A eficiência de controle foi calculada pela fórmula de Abbott (1925).

A análise dos resultados não evidenciou diferenças significativas entre os inseticidas carbosulfano e fipronil, aplicados às sementes (em diferentes doses), e o tratamento testemunha, quanto ao número inicial de plantas e número de perfilhos (Tabela 1). Tal resultado foi atribuído à não ocorrência de pragas de solo no experimento, no período pré-inundação.

Tabela 1. Efeito de diferentes doses de carbosulfano (Fênix 250 TS)¹ e de fipronil (Standak 250 FS)¹, aplicadas às sementes da cultivar de arroz BRS 7 "Taim", sobre a população de plantas e número de perfilhos. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2005.

Tratamentos/doses	NIP (n.s.) ²	NP (n.s.) ²
Carbosulfano (125)	123	159
Carbosulfano (250)	122	170
Carbosulfano (375)	114	168
Fipronil (30)	136	160
Fipronil (40)	144	156
Carbofurano (20 DAÍ) ³	-	163
Testemunha	136	158

(n.s.) Não significativo; ¹g i.a./100 kg de sementes; ²Número inicial de plantas (NIP) e final de perfilhos/planta (NP), em dois metros lineares de fileira de plantas;

A eficiência do inseticida carbosulfano na dose de 125 g de i.a./100 kg de sementes, avaliada tanto aos 25 DAI como aos 40 DAI, não atingiu índice satisfatório de controle (EC < 80%) da população larval de *O. oryzae* (Tabela 2). Contudo, as doses de carbosulfano de 250 e 375 g de i.a./100 kg de sementes, pelo menos aos 40 DAI, proporcionaram índices de controle que apesar de relativamente baixos (EC @ 90%), não diferiram significativamente do índice de controle (EC = 100%) proporcionado pelas duas doses de fipronil (30 e 40 g de i.a./100 kg de sementes) e pelo inseticida carbofurano G (400g de i.a.ha-1), considerado como padrão.

Tabela 2. Efeito de diferentes doses de carbosulfano (Fênix 250 TS)¹ e de fipronil (Standak 250 FS)¹, aplicadas às sementes da cultivar de arroz BRS 7 “Taim”, sobre a população larval de *Oryzophagus oryzae*. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2005.

Tratamentos/doses	25 DAI		40 DAI	
	NL ³	EC ⁴	NL	EC
Carbosulfano (125)	3,1 d	62	2,2 b	75
Carbosulfano (250)	1,6 c	80	1,0 ab	89
Carbosulfano (375)	1,4 bc	82	0,9 ab	90
Fipronil (30)	0,1 a	99	0,0 a	100
Fipronil (40)	0,0 a	100	0,0 a	100
Carbofurano (20 DAÍ) ²	-	-	0,0 a	100
Testemunha	8,0 c	-	8,7 c	-

¹g i.a./100 kg de sementes; ²Inseticida padrão (Furadan 100 G) aplicado na água de irrigação (400 g i.a.ha⁻¹), 20 dias pós-inundação definitiva das parcelas experimentais de arroz; ³Número de larvas de *O. oryzae* por amostra de solo e raízes: Médias com letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P° £ °0,05); ⁴Eficiência de controle corrigida (%) pela fórmula de Abbott.

Não foram constatadas diferenças significativas entre tratamentos quanto à produtividade de grãos (Tabela 3). Entre outras causas, isto pode ser atribuído à reduzida densidade populacional de larvas de *O. oryzae* observada no experimento (\cong 8 larvas/amostra), assim evitando que possíveis diferenças significativas de produtividade, em função de efeitos dos tratamentos quanto à minimização dos danos do inseto às raízes do arroz fossem mais bem discriminadas.

Tabela 3. Efeito de diferentes doses de carbosulfano (Fênix 250 TS)¹ e de fipronil (Standak 250 FS)¹, aplicadas às sementes da cultivar de arroz BRS 7 “Taim”, na produtividade de grãos. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2005.

Tratamentos/doses	Produtividade (Kg.ha ⁻¹) ^{n.s}
Carbosulfano (125)	5067
Carbosulfano (250)	5223
Carbosulfano (375)	4676
Fipronil (30)	5210
Fipronil (40)	5203
Carbofurano (400)	5186
Testemunha	5174

(n.s.) Não significativo; ¹ g i.a./100 kg de sementes; ² Inseticida padrão aplicado na água de irrigação (400 g i.a.ha⁻¹), 20 dias pós-inundação definitiva das parcelas experimentais de arroz.

Os resultados da ATV01 - Efeito de diferentes doses de carbosulfano aplicadas às sementes de arroz, no controle de *Oryzophagus oryzae* foram apresentados no IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado¹.

Safra 2005/06:

Nesta safra o experimento foi instalado em 22/11/03, também com sete tratamentos, porém passando a incluir nova formulação de carbosulfano (**Fênix 800 TS**): carbosulfano (**Fênix 800 TS**, 125, 250 e 375g i.a./100 kg de sementes), carbosulfano (**Fênix 250 TS**, 375g i.a./100 kg de sementes); fipronil (**Standak 250 FS**, 30g i.a./100 kg de sementes); carbofurano (**Furadan 100 G**, 400g i.a.ha⁻¹) e testemunha (sem a aplicação de inseticida). Em relação aos experimentos anteriores, procederam-se as seguintes alterações na metodologia: parcelas experimentais de 8,8 m² (onze fileiras de plantas, com 4 m de comprimento e espaçadas 0,20 m); avaliação da população larval realizada aos 25 e 35 dias após a irrigação; aplicação do inseticida carbofurano 15 dias após a inundação das parcelas, por meio de um aplicador manual tipo saleiro. Além das variáveis utilizadas para avaliação dos tratamentos, nos experimentos anteriores, em 2005/06 foi adicionada a variável estatura de plantas (cm), na época do florescimento. A transformação de dados foi realizada, quando necessária, para análise, com base em teste de homogeneidade de variâncias.

À semelhança dos resultados obtidos na safra 2004/05, não foram constatadas diferenças significativas entre o inseticida carbosulfano (Fênix 250 TS e Fênix 800 TS) nas doses consideradas e os demais inseticidas e testemunha, sobre o número inicial de plantas e o número de perfilhos (Tabela 4). Tal resultado mais uma vez foi atribuído a não ocorrência de pragas de solo no experimento, no período pré-inundação. Historicamente, nas áreas experimentais de arroz irrigado da Embrapa Clima Temperado não é comum, no período pré-irrigação, a ocorrência de populações de pragas de solo a ponto de causarem danos significativos às plantas. Variações na estatura das plantas de arroz estariam mais associadas ao poder

¹ MARTINS, J.F.S.; MATTOS, M.L.T.; GRUTZMACHER, A.D.; CUNHA, U.S.; NEVES, M.B. das; GIOLO, F.P.; HÄRTER, W. da R. Redução de doses dos inseticidas fipronil e carbosulfano aplicados às sementes de arroz irrigado visando o controle de larvas de *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria : UFSM, 2005. p.120-122.

diferenciado dos tratamentos químicos em evitar os danos causados pelas larvas de *O. oryzae* às raízes das plantas, o que não foi constatado no experimento (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito de diferentes doses de Fênix TS (carbosulfano)¹ e de Standak FS (fipronil)¹, aplicadas às sementes da cultivar de arroz BRS 7 “Taim”, e de dose única de Furadan G (carbofurano)², aplicada na água de irrigação, no número inicial de plantas (NIP) e número final de perfilhos (NP) por metro linear, e estatura (cm) de plantas (EP). Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2006.

Tratamentos/doses	NIP ^(n.s.)	NP ^(n.s.)	EP ^(n.s.)
Fênix 800 TS (125)	51,0	154,8	73,8
Fênix 800 TS (250)	59,5	148,5	81,7
Fênix 800 TS (375)	58,1	162,5	74,3
Fênix 250 TS (375)	56,3	162,8	79,0
Standak 250 FS (30)	54,5	136,5	76,3
Furadan 100 G (400)	-	139,5	74,9
Testemunha	46,8	138,5	75,2

(n.s.): Não significativo; ¹g i.a./100 kg de sementes; ²Número inicial de plantas e final de perfilhos/planta, em um metro linear de fileira de plantas; ²Inseticida padrão, aplicado na água de irrigação (400 g i.a.ha⁻¹), 15 dias pós-inundação definitiva das parcelas experimentais de arroz.

Na primeira avaliação da população larval de *O. oryzae* (25 DAI), os tratamentos com carbosulfano (Fênix 800 TS, 250 e 375g i.a./100 kg de sementes) e carbosulfano (Fênix 250 TS, 375g i.a./100 kg de sementes), apresentaram eficiência de controle ($92\% \leq EC \leq 98\%$) semelhante ao fipronil (Standak 250 TS, 30g i.a./100 kg de sementes), considerado como inseticida padrão para o tratamento de sementes de arroz irrigado (Tabela 5). Os tratamentos mais eficientes com carbosulfano na primeira avaliação da população larval repetiram este comportamento na segunda avaliação (35 DAI). Ao atingirem eficiência de controle de $92\% \leq EC \leq 98\%$, assemelharam-se, não somente ao fipronil ($EC = 98\%$), como também ao carbofurano (Furadan 100 G, 400g i.a.ha⁻¹), inseticida padrão-geral, aplicado na água de irrigação para controle direto das larvas, o qual apresentou $EC = 100\%$. O tratamento com carbosulfano (Fênix 800 TS, 125g i.a./100 kg de sementes), tanto na primeira ($EC = 75\%$) como na segunda avaliação da população larval ($EC = 71\%$), foi menos eficiente, superando significativamente apenas ao tratamento testemunha (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito de diferentes doses de Fênix TS (carbosulfano)¹ e de Standak FS (fipronil)¹, aplicadas às sementes da cultivar de arroz BRS 7 “Taim”, e de dose única de Furadan G (carbofurano)², aplicada na água de irrigação, na população larval de *Oryzophagus oryzae*. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2006

Tratamentos/doses	25 DAI		35 DAI	
	NL ³	EC ⁴	NL	EC
Fênix 800 TS (125)	2,4 b	75	4,6 a	71
Fênix 800 TS (250)	0,6 ab	94	0,7 b	96
Fênix 800 TS (375)	0,2 a	98	0,7 b	96
Fênix 250 TS (375)	0,8 ab	92	1,4 b	91
Standak 250 FS (30)	0,0 a	100	0,3 b	98
Furadan 100 G (400)	-	-	0,0 b	100
Testemunha	9,8 c	-	15,7 c	-

¹g i.a./100 kg de sementes; ²Inseticida padrão aplicado na água de irrigação (400 g i.a.ha⁻¹), 15 dias pós-inundação definitiva das parcelas experimentais de arroz; ³Número de larvas de *O. oryzae* por amostra de solo e raízes: Médias com letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05); ⁴Eficiência de controle corrigida (%) pela fórmula de Abbott.

Com base nos resultados deste experimento, o inseticida carbo-sulfano, produto comercial Fênix 800 TS, mesmo na dose de 250g de i.a./100 kg de sementes, apresenta-se como promissor para o controle de larvas de *O. oryzae*, com grau de eficiência similar ao fipronil. Porém, para confirmar a eficiência do carbo-sulfano, torna-se necessário repetir o experimento em condições controladas, com alta infestação do inseto e, posteriormente, validar os resultados em condições de lavoura comercial.

Outros aspectos observados neste experimento são: o fato de, aos 25 DAI, o inseticida carbo-sulfano (Fênix 250 TS), mesmo aplicado na maior dose (375g de i.a./100 kg de sementes), não ter apresentado eficiência de controle de larvas superior a da nova formulação de carbo-sulfano (Fênix 800 TS), aplicado na menor dose (125g de i.a./100 kg de sementes); a maior redução do peso de larvas de *O. oryzae* sob o efeito de carbo-sulfano na formulação Fênix 800 TS (≅ 45%) em relação à formulação Fênix 250 TS (≅ 10%), ambas aplicadas na dose de 375g de i.a./100 kg de sementes (Figura 1).

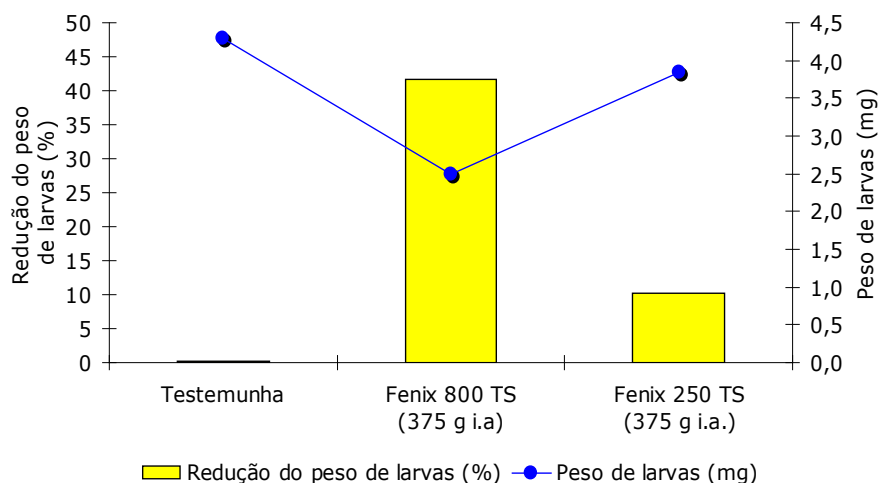


Figura 1. Efeito do inseticida carbosulfano em duas formulações sobre a redução do peso de larvas (%) e peso médio de larvas (mg) de *Oryzophagus oryzae*, aos 35 dias após a irrigação. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2006.

Quanto à produtividade de grãos, por meio de análise de variância, não foi constatada diferença significativa entre qualquer tratamento (Tabela 6). No entanto, a análise de regressão linear, relacionando o peso de grãos ao número de larvas de *O. oryzae* (Figura 2), indicou que uma redução de 1,1% na produtividade estaria associada a cada larva por amostra. Como no tratamento testemunha (sem inseticida), aos 35 DAI, o número de larvas por amostra foi 15,7 (Tabela 5), a perda de produtividade seria de aproximadamente 17,5%, equivalendo a $\pm 1600 \text{ kg.ha}^{-1}$. Portanto, se, de um lado esta diferença em produtividade representa o nível médio de dano causado pelas larvas às plantas de arroz nas parcelas testemunhas, por outro lado, nas demais parcelas, os diferentes percentuais de aumento de produtividade (Tabela 6) podem representar o resultado do controle de larvas exercido por cada inseticida, incluindo o carbosulfano nas diferentes doses.

Tabela 6. Efeito de diferentes doses de Fênix TS (carbosulfano)¹ e de Standak FS (fipronil)¹, aplicadas às sementes da cultivar de arroz BRS Taim, e de dose única de Furadan G (carbofurano)², aplicada na água de irrigação, na produtividade de grãos. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2006.

Tratamentos/doses	Produtividade	
	Kg.ha ⁻¹ (n.s.)	Diferença (%) ³
Fênix 800 TS (125)	8673	15,1
Fênix 800 TS (250)	9170	21,8
Fênix 800 TS (375)	8659	14,9
Fênix 250 TS (375)	8695	15,4
Standak 250 FS (30)	8625	14,5
Furadan 100G (400)	9172	21,7
Testemunha	7534	0

(n.s.) Não significativo; ¹g i.a./100 kg de sementes; ²Inseticida padrão aplicado na água de irrigação (400 g i.a.ha⁻¹), 15 dias pós-inundação definitiva das parcelas experimentais de arroz; ³Aumento percentual em relação à produtividade do tratamento testemunha.

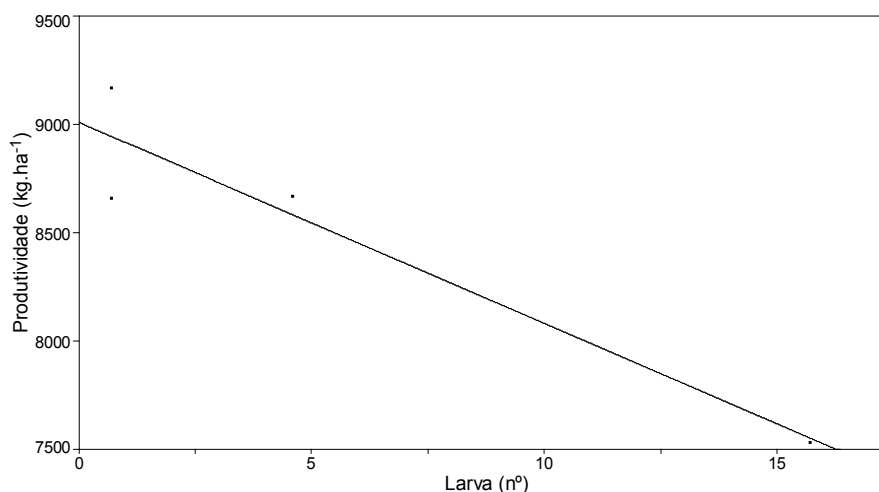


Figura 2. Associação entre produtividade (P) de grãos de a cultivar de arroz BRS Taim, submetida ao tratamento de sementes com diferentes doses do inseticida carbosulfano e número de larvas (NL) de *Oryzophagus oryzae* por amostra padrão de solo e raízes aos 35 dias pós-irrigação. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2006.

Efeito da antecipação do tratamento de sementes de arroz com carbosulfano em relação à data de semeadura, no controle de *Oryzophagus oryzae*

Safra 2003/04:

O experimento foi instalado em 21/11/2003, adotando os mesmos procedimentos metodológicos da ATV01 (2003/04), incluindo oito tratamentos: carbosulfano [Fênix 250 TS, 375 g i.a./100 kg de sementes, aplicado 15, 30, 45 e 60 dias antes da semeadura (DAS), e na data da semeadura (dia zero)]; fipronil (Standak 250 FS, 40 g i.a./100 kg de sementes, na data da semeadura); carbofurano (Furadan 100 G, 400 g i.a.ha⁻¹, na água de irrigação) e testemunha (sem inseticida).

Pelos mesmos motivos apontados quanto à ATV01 (2003/04), não foi possível a obtenção de dados entomológicos. Apenas foi constatada uma redução de aproximadamente 5% no vigor e no poder germinativo das sementes da cultivar BRS Firmeza, quando tratadas, aos 60 dias antes da semeadura, com carbosulfano e fipronil.

Safra 2004/05:

Nesta safra o experimento também foi realizado segundo os mesmos procedimentos metodológicos da ATV01 - Efeito de diferentes doses de carbosulfano aplicadas às sementes de arroz, no controle de *Oryzophagus oryzae* (versão 2004/05), contemplando oito tratamentos: carbosulfano [Fênix 250 TS, 375 g i.a./100 kg de sementes, aplicado 12, 37, 57 e 76 dias antes da semeadura (DAS), e na data da semeadura (dia zero)]; fipronil (Standak 250 FS, 40 g i.a./100 kg de sementes, na data da semeadura); carbofurano (Furadan 100 G, 400 g i.a.ha⁻¹, na água de irrigação) e testemunha (sem inseticida).

O tratamento antecipado de sementes de arroz com o inseticida carbosulfano, na dose de 375 g i.a./100 kg de sementes, até 76 dias antes da semeadura (DAS), não apresentou efeito significativo sobre o número inicial de plantas e de perfilhos comparativamente aos tratamentos com o inseticida fipronil (aplicado às sementes na data da semeadura) e testemunha (Tabela 7). Considerando a não ocorrência no experimento, no período de pré-inundação das parcelas, de pragas de solo, que reduzem a população inicial de plantas e, por consequência, a quantidade de perfilhos, este resultado sobre inexistência de efeito dos inseticidas sobre a

emergência de plantas (NIP) evidencia que o tratamento de sementes de arroz com carbofurano (375 g de i.a./100 kg de sementes), até 76 dias antes da semeadura (DAS), não promove alterações significativas no poder germinativo e vigor.

Sobre o controle de larvas de *O. oryzae*, nas avaliações aos 25 e 40 DAI, maior eficiência (99% d" EC d" 100%) foi apresentada pelo inseticida fipronil (40 g de i.a./100 kg), aplicado às sementes na data da semeadura, enquanto a eficiência do inseticida carbosulfano (375 g de i.a./100 kg de sementes) manteve-se na faixa de 71% d" EC d" 86% (Tabela 8). Em ambas as avaliações, porém, não foi detectada alteração significativa na eficiência de controle apresentada pelo carbosulfano em função do número de dias (antes da semeadura) em que o inseticida foi aplicado às sementes. Portanto, evidencia-se que o tratamento de sementes com carbosulfano, na dose de 375 g de i.a./100 kg, possa ser realizado com bastante antecedência à data de semeadura, sem que haja redução na eficiência de controle do inseto. Este comportamento do carbosulfano está de acordo com resultados de estudos anteriores sobre o efeito do tratamento antecipado de sementes de arroz com inseticidas, quando não foi constatada redução da eficiência de controle de larvas e da qualidade fisiológica das sementes (poder germinativo e vigor), mesmo sendo o tratamento realizado até 90 DAS (Grützmacher et al., 2000).

Tabela 7. Efeito do tratamento de sementes da cultivar de arroz BRS 7 "Taim" com o inseticida carbosulfano (Fenix 250 TS)¹, em diferentes épocas pré-data de semeadura², sobre o número inicial de plantas (NIP) e de perfilhos (NP). Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2005

Tratamentos/doses	NIP ^{n.s.}	NP ^{n.s.}
Carbosulfano (0 DAS)	138	171
Carbosulfano (12 DAS)	144	170
Carbosulfano (37 DAS)	160	166
Carbosulfano (57 DAS)	141	150
Carbosulfano (76 DAS)	151	188
Fipronil (0 DAS) ³	123	177
Carbofurano (400) ⁴	-	147
Testemunha	164	149

(n.s.) Não significativo; ¹Dose de 375 g i.a./100 kg de sementes; ²Na data da semeadura (0 DAS) e 12, 37, 57 e 76 dias pré-semeadura (DAS); ³Standak 250 FS, 40 g i.a./100 kg de sementes; ⁴Inseticida padrão (Furadan 100 G, 400 g i.a.ha⁻¹), aplicado na água de irrigação 20 dias pós-inundação definitiva das parcelas experimentais.

Tabela 8. Efeito do tratamento de sementes da cultivar de arroz BRS 7 “Taim” com carbosulfano (Fenix 250 TS)¹, em diferentes épocas pré-data de semeadura², sobre a população larval de *Oryzophagus oryzae*. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2005

Tratamentos/doses	25 DAI		40 DAÍ	
	NL5	EC6	NL	EC
Carbosulfano (0 DAS)	1,6 bc	83	1,9 b	78
Carbosulfano (12 DAS)	1,6 c	82	2,3 b	74
Carbosulfano (37 DAS)	2,6 c	71	1,3 ab	86
Carbosulfano (57 DAS)	2,4 c	74	1,6 b	82
Carbosulfano (76 DAS)	1,8 c	81	2,0 b	77
Fipronil (0 DAS) ³	0,1 ab	99	0,0 a	100
Carbofurano (20 DAÍ) ⁴	-	-	0,0 a	100
Testemunha	9,2 c	-	8,8 c	-

¹375 g i.a./100 kg de sementes; ²Na data da semeadura (0 DAS) e 12, 37, 57 e 76 dias pré-semeadura (DAS).; ³Standak 250 FS, 40 g i.a./100 kg de sementes; ⁴Inseticida padrão (Furadan 100 G, 400 g i.a.ha⁻¹), aplicado na água de irrigação 20 dias pós-inundação definitiva das parcelas experimentais; ⁵Número de larvas de *O. oryzae* em amostra de solo e raízes. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05); ⁶Eficiência de controle corrigida (%) pela fórmula de Abbott.

Não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos de aplicação antecipada de inseticidas às sementes de arroz quanto, à produtividade de grãos (Tabela 9), apesar da existência das diferenças quanto à eficiência no controle de larvas de *O. oryzae* (Tabela 8). Conforme discutido na **ATV01** (2004/05), entre outras causas, isto pode ser atribuído também à reduzida densidade populacional de larvas que ocorreu no experimento (≅ 9 larvas/amostra), impedindo assim que possíveis diferenças significativas de produtividade, em função de efeitos dos tratamentos, quanto à minimização dos danos do inseto às raízes do arroz fossem melhor discriminadas.

Os resultados da **ATV02** (2004/05) - Efeito da antecipação do tratamento de sementes de arroz com carbosulfano em relação à data de semeadura, no controle de *O. s oryzae*, foram apresentados no IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado¹.

¹ GRUTZMACHER, A.D.; MARTINS, J.F.S.; CUNHA, U.S.; GIOLO, F.P.; NEVES, M.B. das; HÄRTER, W. da R.; MATTOS, M.L.T. Efeito do tratamento antecipado de sementes de arroz irrigado com os inseticidas fipronil e carbosulfano no controle de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae). In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria : UFSM, 2005. p.60-62.

Tabela 9. Efeito do tratamento de sementes da cultivar de arroz BRS Taim com carbosulfano (Fenix 250 TS)¹, em diferentes épocas pré-data de semeadura² sobre a produtividade de grãos. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2005.

Tratamentos/doses	Produtividade (Kg.ha ⁻¹) ^{n.s.}
Carbosulfano (0 DAS)	5006
Carbosulfano (12 DAS)	5146
Carbosulfano (37 DAS)	5718
Carbosulfano (57 DAS)	5599
Carbosulfano (76 DAS)	5405
Fipronil (0 DAS) ³	5219
Carbofurano (400) ⁴	4570
Testemunha	5405

(n.s.) Não significativo; ¹375 g i.a./100 kg de sementes; ²Na data da semeadura (0 DAS) e 12, 37, 57 e 76 dias pré-semeadura (DAS); ³Standak 250 FS, 40 g i.a./100 kg de sementes; ⁴Inseticida padrão (Furadan 100 G, 400 g i.a.ha⁻¹), aplicado na água de irrigação 20 dias pós-inundação definitiva das parcelas experimentais.

Avaliação do efeito fitotônico do inseticida carbofurano em arroz irrigado

Safra 2003/04:

A avaliação do efeito fitotônico do carbofurano não foi realizada na safra 2003/04, devido à falta de materiais e inadequação de instalações, na época, para tal. Neste período agrícola, porém, foi aproveitado o resultado sobre a produtividade de arroz irrigado obtida em Unidades Demonstrativas de Tecnologias (UDs) da cultura, como meio de demonstrar o possível efeito fitotônico do inseticida. Para tal, compararam-se as produções de grãos de tabuleiros tratados e não tratados com carbofurano (Furadan 50 G), sob a condição de baixíssima densidade populacional de larvas de *O. oryzae* nos tabuleiros não tratados (testemunhas). Portanto, considerando a situação de inexistência de danos do inseto às plantas de arroz nos tabuleiros testemunha, foi levantada a hipótese de que a maior produtividade dos tabuleiros tratados com carbofurano (Tabela 10) ocorreu em decorrência de outros fatores que não a proteção das plantas contra o ataque do inseto, podendo estar envolvido, neste caso, um possível efeito fitotônico do inseticida.

Tabela 10. Produtividade de grãos de arroz da cultivar BRS Firmeza em tabuleiros tratados com carbofurano e fipronil e sem tratamento químico, em Unidades Demonstrativas de Tecnologias (UDs) para a cultura do arroz irrigado. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2004.

Descrição do tratamento	Produtividade (kg.ha ⁻¹)			Diferença (%) ³
	Repetição 1	Repetição 2	Média	
Sem carbofurano	8331	7898	8115	0
Com carbofurano ¹	9335	10238	9786	21
Com fipronil ²	8282	8896	8589	6

¹Tratamento da água de irrigação com Furadan 50 G (400 g i.a.ha⁻¹), 20 dias pós-inundação; ²Tratamento de sementes com Standak 250 FS (40 g i.a./100 kg), na data da semeadura; ³Aumento percentual com base na produtividade do tratamento testemunha (sem carbofurano).

Informações sobre as UD's: Densidade de semeadura padrão: 150 kg.ha⁻¹; Data da semeadura: 24/10/03; Emergência das plantas: 06/11/03 (13 dias pós-semeadura); Controle de plantas daninhas: 14/11/03 [pós-emergente: Satanil (6 L.ha⁻¹) + Gamit (0,6 L.ha⁻¹); Inundação dos tabuleiros: 04/12/03 (28 dias pós-emergência, no estágio de 4 a 5 folhas); Adubação de plantio padrão: 300 kg.ha⁻¹ de formulado 0-20-20; Adubação nitrogenada padrão: 45 kg.ha⁻¹ N PERF (pré-submersão) + 45 kg.ha⁻¹ N DPF.

Safra 2004/05:

A partir de 2005/06, obtidas as condições para melhor condução de estudos sobre o efeito fitotônico do inseticida carbofurano em arroz irrigado, tal atividade foi desenvolvida em casa-de-vegetação, complementada por análises laboratoriais. Como unidade experimental (parcelas) foram utilizados baldes plásticos contendo 10 kg de solo autoclavado e cinco plantas de arroz. O seguinte procedimento metodológico foi adotado: (a) em 01/dez./2005, aplicação de 15 g/balde de calcário dolomítico tipo B e adubação de semeadura equivalente a 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ + 60 kg.ha⁻¹ de K₂O; (b) em 05/dez./2005, semeadura, com 5 sementes/balde da cultivar BRS Firmeza; (c) em 19/dez./2005, desbaste, mantendo 5 plantas/balde; (d) em 09/jan./2006, primeira aplicação de N em cobertura (45 kg.ha⁻¹), em plantas na fase de perfilhamento (estádio fenológico = V4), imediatamente antes da primeira irrigação (colocação de água nos baldes); (e) em 25/jan./2006, aplicação de três doses carbofurano (Furadan 50 G), nas parcelas correspondentes, equivalendo a 250, 325 e 400 g de i.a.ha⁻¹; (f) em 30/jan./

2006, segunda aplicação de N em cobertura (45 kg.ha^{-1}), em plantas na fase de diferenciação das panículas (DP); (g) 03/mar./2006, na fase de florescimento, coleta de material, para avaliação do estado nutricional das plantas, via determinação do teor de N e do índice relativo de clorofila nas folhas (índice do arroz anterior à folha bandeira); (h) em 22/mar./2006, colheita antecipada dos grãos (antes da maturação fisiológica, devido à ocorrência de uma praga que estava causando a esterilidade de espiguetas), avaliação do número de perfilhos/balde, estatura das plantas, volume das raízes e produção de matéria seca e teor de N da parte aérea das plantas.

O procedimento metodológico acima descrito foi aplicado num experimento fatorial incluindo dois níveis de tratamento (Tabela 11). Nas parcelas, quatro tratamentos relacionados ao efeito do inseticida carbofurano (250, 325 e 400 g de i.a.ha⁻¹ e testemunha, sem inseticida); nas sub-parcelas, tratamentos relacionados à influência do N aplicado e não aplicado na época da diferenciação das panículas (com e sem aplicação).

Tabela 11. Efeito do inseticida carbofurano (Furadan 50 G), sem (SN) e com (CN) aplicação de nitrogênio na diferenciação de panícula, sobre a estatura de plantas (EP), matéria seca da parte aérea (MSPA) e volume de raízes (VR) da cultivar de arroz irrigado BRS Firmeza. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2006.

Tratamentos/dose ¹	EP (cm) ²		MSA (g/vaso) ²		VR (cm ³) ²	
	SN	CN	SN	CN	SN	CN
Carbofurano (250)	83 aA	76 aA	33 aA	33 aA	143 aA	183 aA
Carbofurano (325)	79 aA	82 aA	33 aA	36 aA	143 aA	150 aA
Carbofurano (400)	83 aA	82 aA	36 aA	40 abA	80 aA	145 aA
Testemunha	78 aA	83 aA	30 aA	52 bB	157 aA	263 aB
Média	81 A	81 A	33 A	40 B	130 A	185 B

¹g de i.a.ha⁻¹; ²Médias com as mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Somente foram analisadas as variáveis, estatura de plantas, matéria seca da parte aérea e volume de raízes. A análise não forneceu resultados consistentes que evidenciassem efeitos fitotônico do inseticida carbofurano.

Reavaliação da extensão da deriva do inseticida carbofurano granulado em lavouras comerciais de arroz irrigado

Safra 2003/04:

A reavaliação da extensão da deriva de carbofurano, não foi realizada na safra 2003/04, devido à dificuldade de seleção de uma lavoura comercial para a realização do trabalho. Conforme discutido com representantes da FMC, presentes na Reunião de Apresentação de Resultados (Embrapa Clima Temperado/FMC) realizada, em outubro/2004, na Estação Experimental de Terras Baixas, havia a percepção da necessidade de refinamento da metodologia até então empregada. De comum acordo (Embrapa Clima Temperado/FMC), foi sugerida a paralisação da atividade, até discussão mais pormenorizada a respeito.

Atividade adicionada ao plano de ação

Efeito de doses de carbosulfano aplicadas no tratamento de sementes de arroz, visando ao controle de *Rhopalosiphum rufiabdominale* (pulgão-da-raiz) e de *Oryzophagus oryzae* (bicheira-da-raiz), em lavoura de arroz

O experimento foi instalado em 28 de outubro de 2005, no município de Uruguaiana, RS, em arrozal do Grupo Ceolin, utilizando a cultivar BRS Taim (densidade de semeadura: 140 kg.ha⁻¹), incluindo cinco tratamentos químicos de sementes e um testemunha, sem repetição, dispostos cada um em tabuleiros de 1785 m² (19,2 x 90 m), isolados por taipas, com entrada e saída independente de água de irrigação. Os seguintes tratamentos químicos foram aplicados às sementes três horas antes da semeadura: Fênix 250 TS (carbosulfano), 500, 1000 e 1500 ml/100 kg de sementes; Standak 250 FS (fipronil), 120 ml/100 kg de sementes ; Gaucho 700 PM (imidacloprido), 300 g/100 kg de sementes.

A localização do experimento na Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul foi baseada no histórico de ocorrência de elevados níveis de infestação, tanto do pulgão-da-raiz como da bicheira-da-raiz na região. Os demais procedimentos metodológicos foram os seguintes: (a) contagem de plantas aos 15 dias após a emergência (DAE), em quatro pontos de cada tabuleiro (cada ponto com 5 m lineares) e retirada de quatro amostras-padrão de solo e raízes, para a contagem de pragas de solo que ocorrem no período de pré-inundação, enfocando principalmente o pulgão-da-raiz,

peneirando o solo sobre uma lona amarela, para facilitar a contagem; (b) inundação das parcelas aos 37 DAE e manutenção de uma lâmina de água com espessura constante de 0,10 m, para garantir uma melhor distribuição dos gorgulhos entre as plantas de arroz; (c) contagem de larvas de *O. oryzae*, aos 26 DAI, em quatro pontos de cada tabuleiro, retirando quatro amostras-padrão de solo e raízes/ponto, totalizando 16 amostras-padrão.

Não houve infestação de pulgão-da-raiz, no experimento, o que impossibilitou a avaliação do efeito dos inseticidas aplicados às sementes, no controle do inseto. A população inicial de plantas, em cada um dos tabuleiros submetidos aos diferentes tratamentos (Tabela 12), em valores absolutos, foi maior no tratamento testemunha. Isto pode servir de indicativo de que a pressão de pragas de solo, que danificam as plantas no período pré-inundação do arrozal, não foi significativa. Entretanto, foi possível avaliar o efeito dos inseticidas aplicados no tratamento de semente sobre a população larval de *O. oryzae*, com base no levantamento realizado aos 26 DAI (Figura 4). O inseticida Fenix 250 TS (carbosulfano) atingiu, em lavoura comercial, elevada eficiência de controle (EC) por meio das doses de 1000 e 1500 g de produto comercial/100 kg de sementes ($92\% \leq EC \leq 98\%$), praticamente repetindo a performance alcançada na **ATV01** (2005/06) realizada na área experimental da Embrapa Clima Temperado. O inseticida carbosulfano, nas duas doses referidas, atingiu eficiência de controle semelhante à dos inseticidas fipronil (Standak 250 FS, 120 ml/100 kg de sementes) e imidacloprido (Gaucho 700PM, 300 g/100 kg de sementes). Esta atividade foi prejudicada por possível deriva do inseticida carbofurano granulado, aplicado em área próxima a do experimento. Muitas larvas mortas foram encontradas no tabuleiro testemunha. A avaliação da produção de grãos não foi realizada, devido à possível interferência do carbofurano no experimento.

Tabela 12. Efeito de diferentes doses¹ de carbosulfano (Fênix 250 TS), fipronil (Standak 250 FS) e imidacloprido (Gaúcho 700PM), aplicadas às sementes da cultivar de arroz BRS Taim, sobre o número inicial de plantas (NIP) em lavoura comercial. Embrapa Clima Temperado. Uruguaiana, RS. 2006.

Tratamentos	NIP ²
Fênix 250 TS (125)	56,0
Fênix 250 TS (250)	71,9
Fênix 250 TS (375)	64,1
Gaúcho 700 PM (210)	65,8
Standak 250 FS (30)	63,5
Testemunha	72,6

¹gramas de i.a./100 kg de sementes; ²Número médio em um metro linear de fileira de plantas.

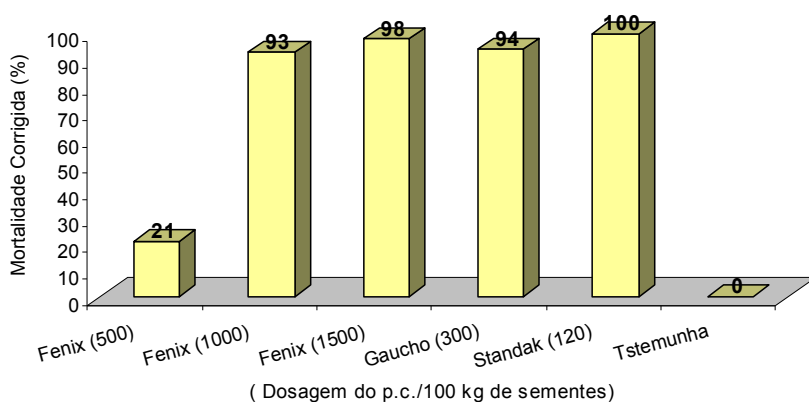


Figura 4. Efeito de diferentes doses de carbosulfano (Fênix 250 TS), fipronil (Standak 250 FS) e imidacloprido (Gaúcho 700 PM), aplicadas às sementes da cultivar de arroz BRS Taim, sobre a população larval de *Oryzophagus oryzae* em lavoura comercial. Uruguaiana, RS. 2006.

Considerações finais

Anteriormente aos estudos ora em andamento, sobre ***Aperfeiçoamento da tecnologia de aplicação do inseticida carbosulfano***, visando melhorar o desempenho na redução da população larval de *O. oryzae*, Martins *et al.* (1997) apontavam os inseticidas carbosulfano TS e fipronil FS, aplicados às sementes, como altamente eficientes no controle do inseto. Os mesmos autores referiram-se ao potencial que os dois inseticidas possuíam para promover um melhor estabelecimento da cultura do arroz irrigado, em razão de poderem exercer o controle de outros importantes insetos-praga, no período de pré-inundação.

a) Redução de doses

A viabilidade do uso de um inseticida, entre outros fatores, deve ser baseada também na relação custo/benefício e no seu comportamento ambiental. Portanto, quanto menor a dose aplicada de um inseticida, desde que mantida a eficiência de controle, menor será o custo de produção e o risco de impacto ambiental negativo, aspectos que tornam o produto mais competitivo. Estes dois aspectos devem ser considerados frente à tendência de menor eficiência do carbosulfano no controle de *O. oryzae*, em relação ao fipronil, conforme detectado na **ATV01** (2004/05), antes de considerar que o inseticida seja menos competitivo (eficaz) para uso, via tratamento de sementes, no controle do inseto. Ademais, recentemente, o nível populacional de controle de *O. oryzae* foi alterado, passando a ser tolerado um maior número de larvas por amostra-padrão de solo e raízes (5 larvas), antes que qualquer medida de controle possa ser recomendada (SOSBAI, 2005). Esta circunstância, torna-se favorável ao uso de carbosulfano no tratamento de sementes, visto que o inseticida, via este método de aplicação, tem promovido reduções da população larval de *O. oryzae*, ao ponto de facilmente mantê-la abaixo do nível de controle econômico (5 larvas/amostra). Na safra de 2005/06, os resultados sobre a performance de carbosulfano no controle de *O. oryzae*, via tratamento de sementes (tanto em campo experimental como em lavoura comercial), foram bastante promissores, principalmente considerando que a nova formulação do inseticida, Fenix 800 TS, na dose de 250 g i.a./100 kg de semente, atingiu nível de eficiência significativamente igual ao do inseticida fipronil;

b) Antecipação do tratamento das sementes

Na ATV02, onde foi avaliado o tratamento de sementes

antecipadamente à data de semeadura, foi confirmado que, independentemente da época do tratamento (12, 37, 57 e 76 dias pré-semeadura), o inseticida carbosulfano, na dose de 375 g i.a./100kg de sementes, não altera a condição fisiológica destas e mantém a elevada eficiência no controle de *O. oryzae*. Portanto, torna-se desnecessário repetir este tipo de experimento, podendo a prática de tratamento antecipado das sementes com o inseticida ser recomendada como uma inovação tecnológica voltada ao controle de larvas do gorgulho-aquático;

c) Efeito fitotônico de carbofurano

A informação sobre este tipo de efeito às plantas de arroz irrigado ainda é bastante reduzida, o que projeta a necessidade de continuar os estudos a respeito, incluindo o aperfeiçoamento de metodologias para experimentos em casas-de-vegetação;

d) Recomendação final

É recomendável que experimentos sobre o efeito do tratamento de sementes de arroz com diferentes doses de carbosulfano, visando ao controle de *O. oryzae*, sejam implantados em regiões com histórico de ocorrência de outras espécies de insetos-praga de solo, principalmente do pulgão-da-raiz (*Rhopalosiphum rufiabdominale*). Assim será possível avaliar um *duplo propósito* do tratamento de sementes com carbosulfano: o controle de insetos (pragas-chave) de solo da cultura do arroz irrigado como o pulgão-da-raiz e a bicheira-da-raiz, que ocorrem, respectivamente, antes e após a inundação do arrozal. O ideal é identificar um ou mais inseticidas que, em menores doses possíveis, sejam eficientes no controle de ambos os insetos.

Referências

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.18, n.1, p.265-267, 1925.

BOTTON, M.; CARBONARI, J.J.; MARTINS, J.F. da S. Eficiência de métodos de aplicação de inseticidas no controle de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae), na cultura do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária gaúcha**, Porto Alegre, v.5, n.1, p.71-77, 1999.

ANDEF - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL - Coordenação de fiscalização de Agrotóxicos . **Despachos do Coordenador em 21 de dezembro 2001**. Item 4. Diário Oficial da União. Brasília. 27 de dez. 2001. Seção 1. p. 92.

GRUTZMACHER, A.D.; MARTINS, J.F. da S.; CUNHA, U.S. da; AZEVEDO, R. de; PAN, E.A. Strategy of seed treatment for rationalization of chemical control of *Oryzophagus oryzae* on flooded rice. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 21, Foz do Iguassu, Brazil, **Abstracts**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. v. 2, p. 683 .

MARTINS, J.F. da S.; FRANCO, D.F.; AZAMBUJA, I.H.V.; GRÜTZMACHER, A.D. **Tratamento de sementes de arroz para controle do gorgulho-aquático e redução da densidade de semeadura**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. 2p. (Embrapa Clima Temperado. Recomendação Técnica, 14).

MARTINS, J.F. da S.; CARBONARI, J.J.; PRANDO, H.F. Gorgulho-aquático-do-arroz, *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A.; CANTOR, F. (Ed.). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil, com ênfase na fruticultura**. Ribeirão Preto: Holos. 2001. p. 128-134.

MARTINS, J.F. da S.; MATTOS, M.L.T.; CUNHA, U.S. da; SCHÖDER, E.P. **Aperfeiçoamento do método para avaliação da deriva de inseticida granulado aplicado por via aérea em lavouras de arroz irrigado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 85).

MARTINS, J.F.S.; VERONEZ, A.B.C.; CARBONARI, J.J. Manejo integrado do gorgulho aquático (*Oryzophagus oryzae* Costa Lima, 1936) na cultura do arroz irrigado: Situação atual e perspectivas futuras. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA SOBRE PRAGAS-DE-SOLO, 7., Santa Maria, 1997. **Anais e Ata**. Santa Maria: CCR/UFSM, 1997. p. 68-78.

SOSBAI. **Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: SOSBAI, 2005. 159 p.

VENUGOPAL, M.S.; LITSINGER, J.A. Carbofuran – a direct growth stimulant of rice. In: NATIONAL CONFERENCE OF PEST CONTROL COUNCIL OF THE PHILIPPINES, 11., Cebu City, 1980. **Paper presented**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1980. 19 p.

Capítulo 04

*Maria Laura Turino Mattos
José Francisco da Silva Martins
André Andres
Anderson Dionei Grützmacher*

Comportamento ambiental de agrotóxicos aplicados em lavouras de arroz irrigado

Introdução

A orizicultura irrigada, praticada no Rio Grande do Sul (RS), apesar do forte papel que desempenha como estabilizadora da produção nacional de arroz, apresenta baixa rentabilidade, devido ao alto custo de produção e a distorções de mercado. Incorpora o uso intenso de agrotóxicos, principalmente para o controle de pragas (plantas daninhas, insetos e doenças), fator que eleva os custos de produção e aumenta os riscos de impacto ambiental negativo, nas áreas de produção. Os agrotóxicos não afetam somente a vida aquática, mas também podem comprometer a qualidade da água para consumo humano e animal.

No estabelecimento de estratégias para aumentar a produção de arroz, seja por meio do aumento da produtividade ou pela expansão da área cultivada, deve ser considerada a necessidade de manutenção dos recursos naturais, como o solo, a água e a biodiversidade. A água, Bem Público e Universal, deve ser usada com eficiência pelo setor orizícola, evitando perdas, desperdícios e contaminações. Os Comitês de Bacias Hidrográficas e órgãos estaduais, como a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e Departamento de Recursos Hídricos (DRH) da Secretaria

Estadual de Meio Ambiente (SEMA), estão atentos e direcionados para: o licenciamento ambiental, a outorga e a cobrança do uso da água, onde suas condições quali-quantitativas são o foco.

Nas áreas de cultivo de arroz irrigado, predominam solos das classes PLANOSSOLOS e GLEISSOLOS (SISTEMAS, 1999), sendo conhecidos como solos de várzea. Neles são cultivadas lavouras de arroz irrigado no sistema convencional, plantio direto e pré-germinado, que utilizam distintos grupos de herbicidas. O uso contínuo de herbicidas pode levar à redução da eficiência de uma determinada molécula devido à presença, na população microbiana do solo, de microrganismos degradadores. Tal população microbiana existe em equilíbrio dinâmico formado pelas interações dos fatores bióticos e abióticos, que podem ser alterados pelas modificações do ambiente. Informações provenientes de trabalhos realizados em diversos países indicam que os principais gêneros de bactérias degradadoras de herbicidas, isolados de áreas cultivadas com arroz, são: *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium* e *Pseudomonas* (Roger & Bhuiyan, 1995, citados por Pingali & Roger, 1995).

No Brasil, em um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico Típico (Embrapa, 1999) cultivado com arroz irrigado, Mattos & Thomas (1996) identificaram uma bactéria degradadora do herbicida clomazona: *Pseudomonas fluorescens*, cepa CLZG1. Em cultivos líquidos, CLZG1 reduziu em 64,57% o nível de clomazona (formulação comercial emulsionável), sugerindo sua utilização como fonte de carbono (Mattos & Thomas, 1997). CLZG1 também mostrou mais resistência à ação da formulação comercial (128 ppm) do que clomazona (32 ppm). O efeito diluição na formulação diminuiu o potencial de ação do clomazona (Mattos & Thomas, 1997).

A implementação de diferentes sistemas de cultivo em lavouras de arroz irrigado no RS tem aumentado a demanda pela aplicação de agrotóxicos. Na lavoura orizícola são aplicados vários agrotóxicos, de classes toxicológicas distintas, sendo 22 herbicidas, 17 inseticidas e 16 fungicidas, nos diferentes sistemas de cultivo. A aplicação desses agrotóxicos pode resultar na acumulação de seus resíduos ou de seus metabólitos no solo, águas de superfície e subterrâneas e nos grãos de arroz. No entanto, constata-se carência de informações sobre o impacto desses produtos no ambiente, preocupando a sociedade em questões ligadas à segurança ambiental e alimentar. Para minimizar os riscos de contaminação por agrotóxicos, estudos de comportamento ambiental, que descrevem o

que ocorre com um agrotóxico no solo, água e ar após sua aplicação, os quais incluem pesquisas sobre a química do produto, metabolismo, hidrólise, dissipação no campo, bioacumulação, adsorção/dessorção e lixiviação, necessitam ser realizados nas várzeas de clima subtropical. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA = Environmental Protection Agency), algumas questões básicas devem ser respondidas nesses estudos: 1) qual a cinética de degradação de um agrotóxico; 2) quais são os metabólitos oriundos da degradação; quanto do agrotóxico ou de seus metabólitos se movimentam do local de aplicação, e onde se acumulam no ambiente.

Neste contexto, estudo do comportamento ambiental do inseticida carbofurano granulado (ICG) foi realizado por Mattos et al. (2001). Os resultados indicaram 1) redução de 67% da dose mínima do carbofurano granulado que era de 750 g i.a.ha⁻¹ para 250 g i.a. ha⁻¹; 2) redução da população de anfíbios, moluscos e peixes até 48 horas após a aplicação do ICG; 3) o produto da deriva até 45 m da primeira faixa de aplicação do inseticida na margem do arrozal, proporciona um controle de 80% das larvas de *Oryzophagus oryzae*, possibilitando a realização de vôos a 45 m do limite da lavoura; 4) reduções de padrões temporais de variação de riqueza específica e heterogeneidade das aves, posteriormente à aplicação (48 h) de carbofurano granulado, posteriormente retomando a população original; 5) liberação de resíduos do carbofurano para o meio ambiente, após o período preconizado pelo fabricante do produto para permanência das parcelas fechadas e conseqüente liberação da água, ou seja, 48 horas; 6) dissipação do carbofurano em um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico típico e na água, aos 30 dias após a aplicação do inseticida; 7) existência de bactérias Gram-negativa com capacidade para degradar o carbofurano, em solos com e sem histórico de aplicação do inseticida, indicando que solos expostos ao carbofurano por um determinado tempo, podem resultar na evolução de microrganismos capazes de degradar este composto rapidamente. Estes microrganismos também podem ser usados para a detoxificação de solos agricultáveis ou outros ambientes contaminados com altas concentrações de carbofurano e agrotóxicos carbamatos similares.

Em monitoramento realizado por Mattos et al. (2003), com o objetivo de determinar a presença de agrotóxicos em amostras de águas superficiais, coletadas em área orizícola com lavouras cultivadas no sistema pré-germinado, foram detectadas concentrações de oxadiazon, quinclorac e carbofurano acima do limite máximo permitido pela legislação da Comunidade Européia, que estabelece 0,10 µg L⁻¹ para todos os agrotóxicos

individualmente em águas para consumo humano. Por outro lado, de acordo com a legislação da EPA, o nível de carbofurano detectado ficou abaixo da concentração máxima permitida ($40 \mu\text{g L}^{-1}$) para águas de consumo humano. Desse modo, a presença de carbofurano em águas superficiais é um indicativo que esta molécula possa persistir no ambiente.

Embora já tenham sido realizados vários trabalhos de pesquisa com o herbicida clomazona (2-[(2-clorofenil)metil]-4,4-dimetil-3-isoxazolidinone), Classe toxicológica III, e o inseticida carbofurano (2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil metil carbamato), Classe toxicológica III, algumas avaliações que são necessárias para a análise de risco destes agrotóxicos, nas várzeas de clima subtropical, não foram contempladas e/ou concluídas. Com relação ao carbosulfano (2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil [(dibutilamino) tio] metil carbamato), Classe toxicológica II, ainda não foram realizados estudos de comportamento ambiental, nas várzeas de clima subtropical. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento ambiental do clomazona, carbofurano granulado e carbosulfano em lavouras orizícolas cultivadas no sistema convencional, de modo a avaliar o impacto do uso de herbicidas e inseticidas sobre os recursos naturais, especialmente solo, água e fauna aquática.

Objetivo geral

Gerar informações sobre o comportamento ambiental do clomazona, carbofurano e carbosulfano e grau de impacto, visando à análise de risco destes agrotóxicos, em várzeas de clima subtropical.

Objetivos específicos:

- a) determinar a influência de fatores microbiológicos, físicos e químicos do solo e da água, em sistema de cultivo convencional de arroz irrigado, na concentração e biodegradação de clomazona, carbofurano e carbosulfano na água, sedimento e solo;
- b) relacionar a atual forma de manejo do clomazona e carbofurano, em sistema de cultivo convencional de arroz irrigado, com riscos de contaminação ambiental;
- c) isolar e identificar, por meio de análise bioquímica, bactérias do solo de lavouras de arroz irrigado, que atuam na degradação de carbosulfano e sirvam como indicadores de sustentabilidade ambiental, e agentes para biorremediação;

d) identificar, por meio de análise molecular, cepas degradadoras de clomazona incorporadas à Coleção de Bactérias Degradadoras da Embrapa Clima Temperado;

e) determinar a degradação microbiana de clomazona, carbofurano e carbosulfano por cepas bacterianas nativas, identificadas e incorporadas à Coleção de Bactérias Degradadoras - Embrapa Clima Temperado;

f) determinar a dissipação de clomazona e carbosulfano na água, solo e sedimento de lavoura de arroz irrigado cultivada no sistema convencional e avaliar os riscos à saúde humana à biodiversidade;

g) determinar o impacto de clomazona, carbofurano e carbosulfano sobre a fauna benéfica do solo, da água e da parte aérea das plantas de arroz;

h) difundir informações sobre riscos de impacto ambiental negativo, decorrentes do uso inadequado do clomazona, carbofurano e carbosulfano em arrozais irrigados, e indicar Boas Práticas de Manejo (BPM's) para a recuperação e conservação de recursos naturais;

i) elaborar um manual sobre manejo de agrotóxicos visando à proteção da qualidade da água nas várzeas de clima subtropical.

Atividades de pesquisa propostas

Isolamento e Identificação de Bactérias Degradadoras de Clomazona e Carbosulfano

Material e métodos

Ensaio 01 – Isolamento de bactérias degradadoras de carbosulfano

Coleta do solo: parcela experimental (180 m²), cultivada com arroz, cv. Firmeza, tratadas com Fenix 250T, semeada em 14/11/2003. Coleta de amostra de solo composta por 20 subamostras, na camada de 0-10 cm, em 3/12/2003.

Isolamento: técnica do enriquecimento do solo com carbosulfano técnico, 20 mg 100 mL⁻¹

- bactérias recuperadas do solo na ausência do carbosulfano: CM1, CM2, CM3, CM4 e CM5

- bactérias recuperadas do solo na presença do carbosulfano: CBS1, CBS2, CBS3, CBS4, CBS5, CBS6 e CBS7

Caracterização Bioquímica:

Testes realizados: cor da colônia e morfologia celular, reação de Gram, mobilidade, catalase, endosporos, utilização de citrato, crescimento em pH 3,6, e 4,5, crescimento em meio King B, ágar cetrimide e YDC, fermentação de açúcares, aerobiose, teste do indol, oxidase, hidrólise de gelatina e caseína, atividade hemolítica

Caracterização Toxicológica:

Teste empregado: concentração mínima inibitória (MIC), conforme procedimento descrito por Green & Pirrie (1993). O agente teste foi carbosulfano.

Ensaio 02 - Isolamento de bactérias degradadoras de clomazona

Bactérias isoladas de solos classificados como CHERNOSSOLO EBÂNICO Ortivo típico e PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico Típico (Embrapa, 1999), em granja orizícola, Jaguarão, RS, por meio da técnica de enriquecimento do solo com clomazona, em diferentes projetos de pesquisa e incorporadas na Coleção de Bactérias Degradadoras - Embrapa Clima Temperado. Foram selecionadas, para identificação bioquímica e molecular neste Plano de Ação as cepa UR₉, MG1, MG4, MG5, MG6, MG8, MG11, MG12 e MG13.

Resultados e discussão**Identificação das Bactérias Degradadoras do Carbosulfano**

Cepa CBS1 - Grupo Gram-negativo (Espécie pertencente à Família Enterobacteriaceae);

Cepa CBS 2 - Grupo Gram-positivo;

Cepa CBS 3 - Grupo Gram-positivo;

Cepa CBS 4 - Gênero Bacillus;

Cepa CBS 5 - Grupo Gram-positivo;

Cepa CBS 6 - Grupo Gram positivo;

Cepa CBS 7 - Gênero Pseudomonas

Houve perda da viabilidade da cepa CBS 6. As cepas restantes estão sendo conservadas na presença do inseticida carbosulfano. Um apoio maior para a identificação destas cepas será alcançado pela realização de outros

testes bioquímicos.

Tabela 1. Concentração mínima inibitória (MIC) de carbosulfano para CBS 1, CBS 2, CBS 3, CBS4, CBS 5 e CBS7. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Concentração (mg/L)	CBS 1	CBS 2	CBS 3	CBS 4	CBS 5	CBS 7
8,2	+	+	+	+	+	+
4,1	+	+	+	+	+	+
2,05	+	+	+	+	+	+
1,025	+	+	+	+	+	+
0,512	+	+	+	+	+	+
0,256	+	+	+	+	+	+
0,128	+	+	+	+	+	+
0,064	+	+	+	+	+	+
0,032	+	+	+	+	+	+
0,016	+	+	+	+	+	+
0,008	+	+	+	+	+	+
0,004	+	+	+	+	+	+
0,002	+	+	+	+	+	+

A concentração bactericida, ou seja, a concentração mínima biocida (MBC), foi medida por meio da recuperação das cepas em meio ágar nutritivo. As cepas foram 100% recuperadas. Assim, carbosulfano não apresentou efeito biocida para as cepas testadas.

Identificação Molecular de Cepas Degradadoras de Clomazona Incorporadas à Coleção de Bactérias Degradadoras - Embrapa Clima Temperado

A cepa UR₉ foi classificada com base na extração de DNA genômico da amostra bacteriana e amplificação do DNA ribossomal 16S utilizando a metodologia de PCR. O par de *primers* (oligonucleotídeos sintéticos) utilizado foi p27f e p1525r, homólogos a regiões conservadas do gene rRNA 16S de bactérias. Os fragmentos de rDNA 16S amplificados foram clonados em vetor plasmidial pGEM-T (Promega), purificados e submetidos ao sequenciamento em sequenciador automático (ALFexpress, Pharmacia). Os *primers* utilizados para o sequenciamento foram o M13 *forward* e *reverse*. As seqüências parciais de rDNA 16S obtidas foram comparadas com as seqüências de rDNA 16S de organismos, representados nas bases de dados RDP (*Ribosomal Database Project*, Wisconsin, USA: <http://www.cme.msu.edu/RDP/html/index.html>) e Genbank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). A cepa UR₉ foi identificada como pertencente à Família Enterobacteriaceae.

As demais cepas degradadoras de clomazona, incorporadas na Coleção de Bactérias Degradadoras - Embrapa Clima Temperado (Cepa MG1, Cepa MG4, Cepa MG5, Cepa MG6, Cepa MG8, Cepa MG11, Cepa MG12 e Cepa MG13), estão sendo analisadas por meio de testes bioquímicos. Novos recursos são necessários para a identificação por meio de métodos moleculares.

Tabela 2. Concentração mínima inibitória (MIC) de clomazona para MG1, MG4, MG5, MG6, MG8, MG11, MG12 e MG13. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Concentração (mg/L)	MG1	MG4	MG5	MG6	MG8	MG11	MG12	MG13
2	+	+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+	+	+	+
8	+	+	+	+	+	+	+	+
16	+	+	+	+	+	+	+	+
32	+	+	+	+	+	+	+	+
64	+	+	+	+	+	+	+	+
128	+	+	+	+	+	+	+	+
256	+	+	+	+	+	+	+	+
512	+	+	+	+	+	+	+	+
1024	+	+	+	+	+	+	+	+
10.240	+	+	+	+	+	+	+	+

A concentração bactericida, ou seja, a concentração mínima biocida (MBC), foi medida por meio da recuperação das cepas em meio ágar nutritivo. As cepas foram 100% recuperadas. Assim, clomazona não apresentou efeito biocida para as cepas testadas.

Quantificação do Crescimento de Isolados Bacterianos em Culturas Líquidas na Presença de Clomazona, Carbofurano e Carbosulfano como Única Fonte de Carbono e Energia

Material e métodos

Ensaio 01 - Preparo do inóculo com clomazona

O inóculo foi preparado a partir de tubo-estoque contendo meio mineral suplementado com o clomazona (MCI). A cepa foi repicada pela técnica de esgotamento em placa com MCI, para renovação e verificação da pureza da bactéria. Dessa placa, foi realizado o repique para tubo com 10 mL. Após 24 horas de incubação, foram adicionados 5 mL de caldo mineral e realizada

uma agitação para obtenção de uma suspensão de células bacterianas. Foram feitas diluições sucessivas dessas suspensões até ser alcançada a concentração de $2,0 \times 10^2$ unidades formadoras de colônias (u.f.c.) mL⁻¹ para o inóculo. Os erlenmeyers, contendo 50 mL de caldo mineral suplementado com clomazona, foram inoculados com 1 mL dessas suspensões bacterianas pré-estabelecidas para iniciar as curvas de crescimento.

Ensaio 02 - Curvas de crescimento com clomazona

Curvas de crescimento da cepa UR₉ (degradadora de clomazona) foram obtidas, utilizando agitador orbital, em frascos erlenmeyers de 250 mL, com 50 mL dos caldos: 1) mineral (CM), 2) mineral com adição de 50 ppm de clomazona e 200 ppm de carbofurano e 3) de Thorthon's (CT). Os frascos foram incubados a 28°C e 180 rpm. Nos tempos, 0, 4, 8, 10, 24, 30, 48 e 72 horas, foram retiradas alíquotas de 1,0 mL, em cada um dos três frascos de repetição, para a determinação do número de células viáveis, que foi feita pela técnica de diluições sucessivas. Foram realizadas quatro repetições de placas, que foram incubadas a 28°C ($\pm 1^\circ\text{C}$). Os valores de u.f.c.mL⁻¹ foram transformados em logaritmo base 10 (Moat, 1979). Todos os meios de cultura, vidrarias e soluções diluentes foram esterilizados a 121°C (pressão de 105 kPa) por 15 minutos.

Aspectos microbiológicos de estudos de comportamento ambiental do carbofurano e carbosulfano em lavoura de arroz irrigado nas várzeas subtropicais

Sobre este assunto foi apresentado um trabalho no V Simpósio Internacional de Biodegradação e Biodeterioração, realizado em Madrid, Espanha, em 2005, apresentado a seguir:

O trabalho compreendeu um experimento de campo, nas safras agrícolas de 2003/2004 e 2004/2005, em PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico Típico (Embrapa, 1999), na Estação Experimental Terras Baixas (ETB), da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, e ensaios de bancada no Laboratório de Microbiologia Agrícola e Ambiental (LMAA) da Embrapa Clima Temperado.

As parcelas experimentais foram instaladas com 180m² (9 x 20m), com 18m de comprimento (espaçamento de 0,175m), cultivadas com a BRS Firmeza, na densidade de 150 kg ha⁻¹ de sementes, com entrada e saída independentes da água de irrigação, para prevenir a mistura de tratamentos.

Para cada tratamento as parcelas foram constituídas de cinco subparcelas: 1) carbofurano (formulação comercial: 400 g i.a. ha⁻¹) e 2) carbosulfano (formulação comercial TS: 375 g i.a. 100 kg⁻¹ sementes - Fenix 250T)

Atividade Microbiana do Solo (AMS)

Foi avaliada, pela determinação da respiração do solo (CO_2 -*evolution*), no dia da semeadura da parcela, antes e após a distribuição das sementes tratadas com carbosulfano, e antes e depois da aplicação do carbofurano. Amostras compostas de solo foram coletadas em sacos plásticos (20 subamostras por subparcela), na profundidade de 0-10 cm, e transportadas, em caixas de isopor com gelo, até o LMAA. Um volume de solo de 250 g foi depositado em frascos de vidro hermeticamente fechados, contendo um recipiente com NaOH (0,5 N). O CO_2 liberado foi determinado pela titulação do Ba(OH)_2 remanescente com 0,3 N H_2SO_4 usando fenolftaleína como indicador (STOTZKY, 1965).

Isolamento e identificação de bactérias degradadoras de carbofurano e carbosulfano

De cada amostra em que se mediu a AMS, tomou-se na profundidade de 0-10 cm. A técnica de enriquecimento do solo, com os inseticidas individualmente, foi empregada para o isolamento de bactérias com capacidade para degradar o carbofurano e carbosulfano como fonte de carbono e energia. Frascos erlenmeyers de 500 mL com um caldo mínimo de sais, 100 mL, autoclavados (104 kPa de pressão por 15 min) e com esfriamento a temperatura ambiente, receberam a adição dos inseticidas carbofurano e carbosulfano (grau técnico) a concentrações de 200 mg e 20 mg i.a.L⁻¹, respectivamente, e 1,0 g de solo em cada frasco. Os frascos foram incubados em um agitador orbital (180 rpm) a 28°C por 10 dias. Após a incubação, foi transferido 1,0 mL dessa cultura para um novo caldo estéril com o inseticida. A nova cultura foi incubada por 10 dias e repetido o procedimento. Ao final de 30 dias, resultou uma cultura turva, indicando a presença de bactérias degradadoras de carbofurano e carbosulfano. Bactérias foram recuperadas em placas com meio mínimo de sais suplementado com carbofurano e carbosulfano como única fonte de carbono, purificadas, armazenadas em tubos-estoques sob refrigeração, caracterizadas por meio de testes taxonômicos, bioquímicos e moleculares (Fundação André Tosello, SP) e depositadas na Coleção de Bactérias Degradadoras de Agrotóxicos, da Embrapa Clima Temperado. Isolados desse germoplasma, por exemplo, pode ser usado em áreas contaminadas com estes inseticidas, em processos de biorremediação ou de

fitorremediação.

Quantificação do crescimento de bactérias degradadoras de carbofurano

Foram elaborados cultivos líquidos na presença do inseticida carbofurano como única fonte de carbono e energia (200 mg L^{-1}). A cinética de crescimento das culturas puras foi avaliada em cultivos dispostos em agitador orbital (280°C e 180 rpm), com amostragem a cada 24 h, por 72 h. Quatro repetições de frasco foram usados para determinar o número de células viáveis e os parâmetros de crescimento em meio de Thornton's (MT), meio de sais minerais (MSM) e MSM suplementado com 200 mg L^{-1} de carbofurano (MC200). O espalhamento das amostras coletadas em espaços de tempo variáveis foi realizado no Spiral Plater System (Autoplate 4000), com quatro repetições de placas. O resultado permitiu o conhecimento do impacto do inseticida sobre a diversidade microbiana do solo.

Ensaio 04 - Preparo do inóculo com carbosulfano

O inóculo foi preparado a partir de tubo estoque contendo meio mineral suplementado com o respectivo agrotóxico (carbosulfano). As cepas foram repicadas pela técnica de esgotamento em placa com carbosulfano, para renovação e verificação da pureza das bactérias. Dessas placas foram realizados os repiques para tubos com 10 mL de água ultra-pura estéril, incubados por 72 h, sendo realizada as contagens das suspensões bacterianas em câmara de *Neubauer*. Frascos erlenmeyers com 50 mL de caldo mineral foram inoculados com as suspensões bacterianas pré-estabelecidas para iniciar as curvas de crescimento.

Ensaio 05 - Curva de crescimento com carbosulfano

Foram elaborados cultivos líquidos na presença do inseticida carbosulfano como única fonte de carbono e energia (200 mg L^{-1}). Um volume de $50 \mu\text{l}$ da solução-estoque com carbosulfano (200 mg L^{-1} + álcool) foi usado para a inoculação dos frascos com $50 \mu\text{l}$ de caldo. A cinética de crescimento das culturas puras Gram-negativas (CBS 01 e CBS 07) e Gram-positivas (CBS 02, CBS 03, CBS 04 e CBS 05), em consórcio microbiano, foi avaliada em cultivos desenvolvidos em agitador orbital (280°C e 180 rpm), com amostragens a cada 24 h, por 240 h. Três repetições de frasco foram usadas para determinar o número de células viáveis e os parâmetros de crescimento em caldo de Thornton's (CT), caldo de mineral (CM) e CM suplementado com 200 mg L^{-1} de carbosulfano.

(CM + Cbs). O espalhamento das amostras coletadas em espaços de tempo variáveis foi realizado no Spiral Plater System (Autoplate 4000), com quatro repetições de placas. O resultado permitiu o conhecimento do impacto do inseticida sobre a diversidade microbiana do solo.

Resultados e discussão

Ensaio 01 e 02

Foi avaliada a capacidade de uma espécie da família Enterobacteraceae, cepa UR9, de crescer na presença de caldo mineral (CM), CM acrescido de 50 ppm do herbicida clomazona (CM + CL50) e de caldo *Thorton's* (CT) (Figura 1).

A fase estacionária da UR9, em meio *Thorton's*, foi atingida em 30 horas de cultivo, onde a população atingiu uma densidade de células de 109 ufc mL⁻¹. Para as demais curvas, a estabilização começou a se verificar 48 horas após o cultivo, com uma densidade de células de 107 ufc mL⁻¹.

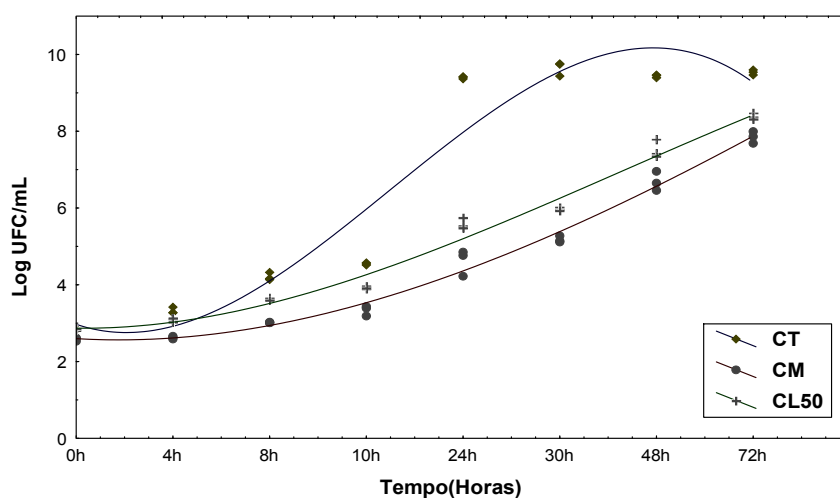


Figura 1. Crescimento de uma espécie de *Enterobacter* cepa UR9, em caldo de sais minerais (CM), CM com 50 ppm de clomazona (CL50) como fonte de carbono e em caldo *Thorton's* (CT). C.V. (%) < 15.

Os resultados sugerem que UR9 é de crescimento lento, apresentando habilidade de crescer em clomazona, embora a utilize com mais dificuldade, por tratar-se de uma fonte de carbono de difícil assimilação. Observou-se também que as células apresentaram-se de tamanho menor em meio com clomazona, comparando com as células que cresceram em meio *Thorton's*. Quando não foi adicionada uma fonte de carbono (CM) o crescimento do isolado foi mais lento. Este comportamento sugere ensaios com outras fontes de carbono, quando será possível comparar o crescimento da cepa UR9 em diferentes situações nutricionais.

Variação do nível de clomazona

A cepa UR₉ cresceu em caldo mineral com uma suplementação de 50 ppm de clomazona, e a variação do nível do herbicida foi monitorada por cromatografia gasosa em cultivo de 28 dias. A concentração de clomazona, ao longo deste período, decresceu 26%, em relação à concentração inicial, coincidindo esta redução com o alcance da fase estacionária de crescimento da cepa UR₉ (Figura 2).

Na Figura 2 é apresentada a comparação dos valores das áreas dos picos do clomazona na presença da cepa UR₉, com o crescimento populacional desse organismo. Observa-se um aumento nos valores da área dos picos até 48 horas, com um concomitante aumento do número de células, havendo, após este período, uma estabilização da curva de crescimento.

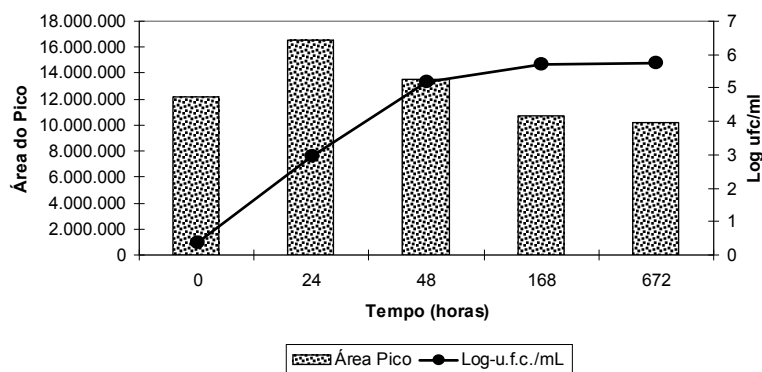


Figura 2. Crescimento da cepa UR₉ em CL50 (28 °C, 180 rpm) e variação do nível de clomazona (GC – coluna: capilar CP-Sil 5 CB (dimetilpolisiloxano) de 30 m x 0,25 mm x 0,25 mm, temperatura inicial da coluna: 60 °C, temperatura final 240 °C, detecção: termoiônico. CV (%) £ 20.

Ensaio 03

Atividade microbiana do solo (AMS)

A atividade microbiana acumulada do solo tratado com carbosulfano foi maior do que a do solo não tratado com esse inseticida, mas não foi significativa. O solo que recebeu o tratamento com carbofurano mostrou uma menor atividade microbiana do que o solo não tratado com esse inseticida, mas não foi significativo também. A influência do carbosulfano e carbofurano sobre a AMS não foi depressiva, ou seja, os inseticidas não são os fatores principais para uma perda da sua capacidade produtiva, outros aspectos relacionados ao manejo devem ser considerados.

Isolamento e identificação de bactérias degradadoras de carbofurano e carbosulfano

A biodegradação de carbofurano e carbosulfano foi detectada em caldo de cultura, após 30 dias de enriquecimento na presença desses inseticidas. Bactérias isoladas do solo tratado com carbofurano foram denominadas de STC1, STC2, STC3, STC4 e STC5, as quais foram 100% Gram-negativas e aeróbias. A análise filogenética agrupou os isolados STC1 e STC2 com espécies de *Pseudomonas*, sendo *Pseudomonas jessenil* e *Pseudomonas putida* as espécies descritas mais próximas. STC3, STC4 e STC5 foram agrupadas com o biovar de *Pseudomonas putida*.

Um total de seis isolados bacterianos foram recuperados na presença do carbosulfano. Bactérias isoladas de sementes tratadas com carbosulfano foram denominadas de CBS1, CB2, CBS3, CBS4, CBS5 e CBS6. As bactérias degradadoras de carbosulfano foram divididas em dois grupos: Gram-negativo (CBS1 e CBS6) e Gram-positivo (CBS2, CBS3, CBS4 e CBS5). Todos os isolados foram catalase-positivos, cresceram em meio King B e foram indol-negativos. Somente CBS4 produziu endosporos e CBS1 e CBS6 utilizaram citrato. CBS1, CBS4, CBS5 e CBS6 foram fermentadoras de glucose. Os isolados CBS1, CBS4 e CBS6 foram móveis. Em estudos posteriores, novos testes bioquímicos e moleculares serão realizados para uma identificação dos isolados.

Utilização de carbofurano por *Pseudomonas* sp., cepa STC1, e *Pseudomonas putida*, cepa STC5

A cepa STC1 foi capaz de crescer na presença de carbofurano como única fonte de carbono, na concentração de 200 mg L⁻¹. Cultivos, em

agitador orbital, de STC1, em meio mínimo de sais suplementado com carbofurano, na concentração de 200 mg L^{-1} (MC200), mostraram que carbofurano não foi prontamente assimilado como açúcares mais simples e aminoácidos como manitol e asparagina, respectivamente, que estão presentes no meio de *Thornton's* (MT) (Figura 3).

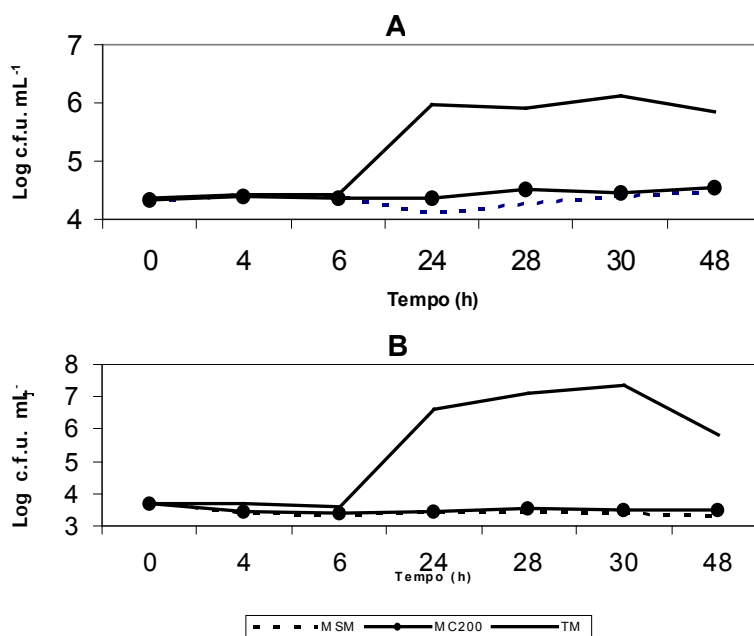


Figura 3. Curvas de crescimento da *Pseudomonas* sp., cepa STC1 (A) e *Pseudomonas putida* cepa STC5 (B) em meio mínimo de sais (MMS), em MMS suplementado com 200 ppm de clomazona (MC200) e em meio de Thornton's, em agitador orbital. C.V. < 20%.

Em MT, onde o carbono e o nitrogênio não foram limitantes, STC1 mostrou um crescimento com aumento de 2-log, alcançando 10^6 ufc mL^{-1} em 24 h de cultivo. Após, entrou na fase estacionária, indicando que outros fatores estavam limitando o crescimento aparte ad fonte de carbono. A cepa STC5 não foi capaz de crescer na presença de carbofurano. É possível que taxas maiores de aeração sejam necessárias para o seu crescimento, fator físico que será investigado em trabalhos futuros. Em continuidade, estudos de laboratório e campo deverão ser realizados para o avanço do conhecimento do comportamento ambiental dos inseticidas carbofurano e carbosulfano.

Ensaio 05

Na Figura 4 (A) é mostrado, o crescimento do consórcio com as bactérias Gram-positivas em caldo mineral (CM), CM suplementado com carbosulfano (CM + Cbs) e caldo de Thornton's (CT). Em CM + Cbs o número de células alcançou, na fase de crescimento exponencial, até 48 horas, 10^7 ufc mL⁻¹, enquanto em CM, 10^6 ufc mL⁻¹. O carbosulfano possibilitou um incremento no crescimento em comparação com o manitol, fonte de carbono de fácil assimilação para bactérias, presente em CT. Observou-se um período estacionário, a partir de 48 h, com um pequeno declínio somente em 240 h, na presença de carbosulfano como única fonte de carbono e energia. Quando o consórcio foi crescido em CM, verificou-se, a partir de 24 h, a fase estacionária.

O crescimento do consórcio com as bactérias Gram-negativas pode ser observado na Figura 4 (B). Esse grupo de bactérias apresentou uma capacidade metabólica maior para degradar o carbosulfano, pois houve um crescimento populacional comparável às 48 h e, após, sempre superior ao verificado na presença do manitol. Na ausência de fonte de carbono, em CM, a fase de crescimento exponencial foi de 24 h, com 10^6 ufc mL⁻¹. Em CM + Cbs, essa fase foi de 10^7 ufc mL⁻¹ e, em CT, de 10^8 ufc mL⁻¹, em 24h. Bactérias do gênero *Pseudomonas*, pertencentes ao grupo Gram-negativo, têm a capacidade de utilizar um grande número de compostos orgânicos complexos e raros como fonte de carbono e energia. Além disso, *Pseudomonas* são capazes de rapidamente desenvolver novas atividades metabólicas em resposta a mudanças nas condições ambientais (Barbieri, 1990).

Em CT, o consórcio das bactérias Gram-negativas produziu um pigmento fluorescente. Esse pigmento é característico de *Pseudomonas fluorescens*. Testes bioquímicos complementares serão realizados para a demonstração da produção do pigmento fluorescente.

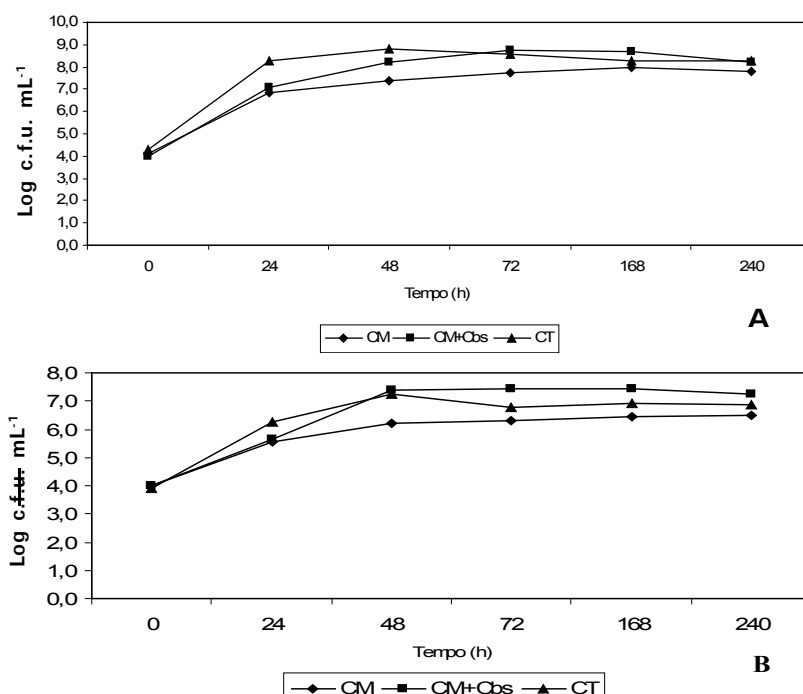


Figura 4. Crescimento do consórcio das bactérias Gram-positivas (A) e Gram-negativas (B) em caldo mineral (CM), suplementado com carbofuran (CM + Cbs) e caldo de Thornton's (CT).

Dissipação de Clomazona na Água, Solo e Sedimentos de Lavouras de Arroz Irrigado

Material e métodos

Safra Agrícola 2003/2004

Nesta safra, a área experimental foi instalada em um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico típico, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão do Leão, RS. Os tratamentos compreenderam a aplicação de 0,8 L ha⁻¹ de uma formulação comercial emulsionável (CE) contendo 40% (p/v) de clomazona, com um volume de calda de 150 L ha⁻¹, e testemunha (sem aplicação de clomazona).

Cada parcela experimental, de 180 m², conteve sistema independente de irrigação e drenagem, com apenas uma entrada e uma saída da água de irrigação (oriunda diretamente da barragem, sem qualquer possibilidade de contaminação por produtos químicos antes de atingir a área do experimento). O clomazona foi aplicado logo após a semeadura do arroz, cultivar BRS Firmeza, em 28 de novembro de 2003, por meio de pulverizador costal (20 L) com bico leque. A irrigação das parcelas ocorreu 30 dias após a aplicação do herbicida (28/12/03).

As análises qualiquantitativas de resíduos de clomazona foram realizadas em amostras de solo, de água e de sedimento. Cinco amostras compostas de solo foram coletadas nas parcelas, na profundidade de 0-20 cm, num volume de 500g cada, um dia antes da aplicação do herbicida (1DAA), e pós aplicação, 7, 10, 15, 20 e 25. Após a entrada da água de irrigação, foram coletadas as amostras de sedimento, na mesma profundidade e volume das amostras de solo, no dia da irrigação (ponto = 0), 1dia após a irrigação (1DAI), 5, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 40, 60 e 88DAI. Na lâmina d'água de cada parcela experimental, foram coletadas cinco amostras compostas d'água, no dia da irrigação (ponto = 0), 1dia após a irrigação (1DAI), 3, 5, 7, 10, 14, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 40, 60 e 88DAI. Na rede de irrigação e drenagem, a partir da área do experimento, também foram coletadas amostras d'água.

As amostras de solo e sedimento foram acondicionadas em sacos de polietileno, enquanto as de água, em garrafas de polietileno de 1,0 L, transportadas em caixas de isopor com gelo e armazenadas em freezer, para posterior análise qualiquantitativa dos resíduos.

As análises cromatográficas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Agrícola e Ambiental, da Embrapa Clima Temperado. O método cromatográfico utilizado foi o registrado na Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA = *Environmental Protection Agency*), modificado.

Em todos os procedimentos utilizou-se água ultrapura. As soluções de trabalho do herbicida clomazona, com concentração de 1,0 mg mL⁻¹, foram preparadas a partir da diluição, com hexano, de solução-estoque, com padrão certificado de clomazona com 99,6% de pureza (FMC, Princeton, New Jersey). Em síntese, após a extração dos resíduos, de amostras de água com um volume de 100 mL, em fase sólida (SPE = *Solid Phase Extraction*), com hexano - acetato de etila (95/5 %) (grau HPLC) em cartuchos RP-18

(40 – 63mm), de 500 mg e 6,0 mL, os extratos foram pré-concentrados e o volumes ajustados para 1,0 ml em frascos do tipo *vials*. As amostras de solos e sedimentos, um volume de 10 g, inicialmente, foram submetidas a uma hidrólise ácida, sendo, posteriormente, empregado o mesmo procedimento de extração das amostras de água.

As análises cromatográficas foram realizadas em um cromatógrafo a gás Varian, modelo CP-3800, equipado com detector termiônico (TSD), coluna capilar CP-Sil 5 CB de 30 m x 0.25 mm x 0.25mm e autoinjector CP-8410. Como processador de dados, utilizou-se uma *Workstation* versão 4.5. Foram injetados 1,0 mL da amostra no modo com partição (*split* 10; *splitless* 0.01- 0.75; *split* 10), com programação de temperatura em 80 °C (1 min), primeiro gradiente de 240 °C/min até 30 °C/min (3 min) e o segundo de 260 °C/min até 30 °C/min (5 min), gás de arraste nitrogênio, temperatura do injetor em 250 °C e do detector em 300 °C. Para a calibração do cromatógrafo, foi utilizada a técnica do padrão externo. O tempo de retenção absoluto do padrão de clomazona injetado foi de 6,67.

Resultados e discussão

Na Figura 5, observa-se a curva de dissipação do clomazona no solo e sedimento. Em todos os tempos amostrados, resíduos de clomazona foram recuperados em solo e sedimento, com uma variação de 11,0 – 63,0 mg L⁻¹ e 8,0 – 11,00 mg L⁻¹, respectivamente. O maior valor residual detectado no solo foi aos 10 dias após a aplicação do clomazona (63,0 mg L⁻¹), porém sendo inferior aos níveis detectados em solo com textura argilosa, 100 mg kg⁻¹, e argilo-siltosa, 200 mg kg⁻¹, em 90 e 180 dias, respectivamente, por Gallandt et al. (1989). No solo, sob condições aeróbicas, a degradação do clomazona é lenta, com uma meia-vida variando de 90 a 276 dias (EPA, 2005).

Em sedimentos, nível de 8,0 mg L⁻¹ foi detectado 40 dias após a entrada da água. Consta no departamento de regulamentação de agrotóxicos do Estado da Califórnia, EUA (EPA, 2005), a detecção, em sedimentos, de 39 mg L⁻¹, após 89 dias. Em solos subtropicais, a riqueza da diversidade microbiana e as condições climáticas favorecem uma dissipação mais rápida do clomazona.

Na água, os resultados das análises cromatográficas indicaram a presença do clomazona em todos os tempos amostrados (Figura 6). Amostras coletadas na parcela, no dia da entrada da água de irrigação

($p = 0$), apresentaram um residual de clomazona de $2,6 \text{ mg L}^{-1}$. O maior valor residual foi detectado três dias após a entrada de água, $5,9 \text{ mg L}^{-1}$. A partir desse tempo, os valores permaneceram abaixo de $4,5 \text{ mg L}^{-1}$, sendo que, após 28 dias, alcançaram valores inferiores a $2,5 \text{ mg L}^{-1}$. Após 60 dias, os resíduos na água foram menores do que $0,95 \text{ mg L}^{-1}$. Estes valores são superiores ao limite permitido para a presença individual de agrotóxicos na água de consumo humano ($0,10 \text{ mg L}^{-1}$), pela Comunidade Européia (CE). No entanto, cabe ressaltar que a legislação da CE não menciona o nível máximo de contaminação (NMC = *Maximum Contaminant Level* = MCL) para o clomazona. Nesse contexto, trabalhos que estão em andamento poderão contribuir para a definição de um nível residual permitido, para águas e solos em ambiente subtropical, pelo órgão competente.

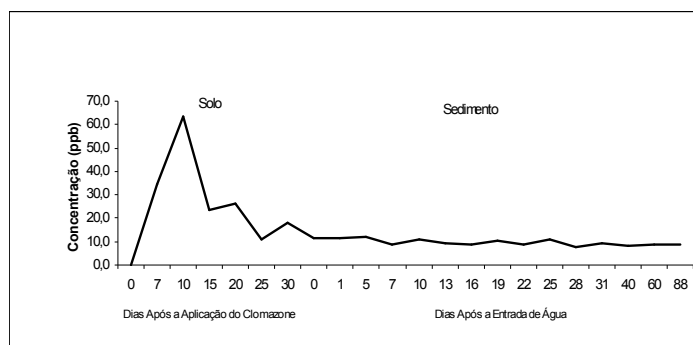


Figura 5. Dissipação do clomazona em solo e sedimento de lavoura de arroz irrigado. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras, Baixas, Capão do Leão, RS.

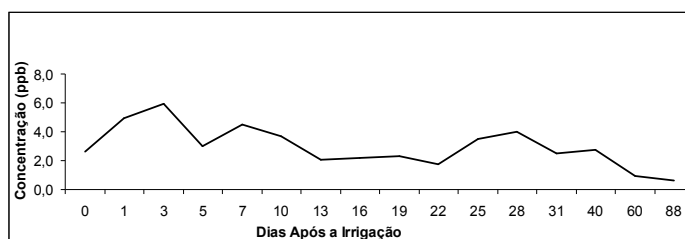


Figura 6. Dissipação do clomazona na água de irrigação de uma lavoura de arroz irrigado. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS.

Biomassa Microbiana do Solo

Material e métodos

Safra Agrícola 2005/2006

Amostras de solo foram coletadas na parcela experimental (P6), com histórico de dois anos de aplicação do clomazona (0,8 L ha⁻¹), na profundidade de 0-10 cm, para as análises microbiológicas, antes da semeadura, em novembro de 2005. O carbono da biomassa microbiana (Cmic) foi determinado usando o método descrito por Vance et al. (1987). O nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic) foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl, descrito por Tedesco et al. (1995). Também, foram obtidas as relações entre o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana, pela razão entre o Cmic e o Nmic.

Resultados e discussão

A decomposição da matéria orgânica do solo envolve microrganismos heterótrofos, os quais promovem a decomposição primária, utilizando o carbono do material orgânico para o seu metabolismo. Em seqüência, esses microrganismos se decompõem e seus produtos resultam na formação de materiais húmicos complexos e heterogêneos. A biomassa microbiana contém uma quantidade considerável de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas. O valor de carbono da biomassa (Cmic) microbiana da P6 foi maior (125,85 mg kg⁻¹ solo seco) que o controle (59,74 mg kg⁻¹ solo seco), refletindo que o manejo adotado na parcela experimental contribuiu para a melhoria da qualidade do solo, evidenciada pelo indicador Cmic (Tabela 3). Odum (1969) ressalta que a medida que uma determinada biomassa microbiana se torna mais eficiente, menor quantidade de carbono é perdida como CO₂ pela respiração e uma maior proporção de carbono é incorporada ao tecido microbiano. Insam (1990), citado por Balota et al. (1998), menciona que o tipo de manejo do solo pode selecionar uma população microbiana mais eficiente que, por sua vez, apresente uma menor perda de carbono via respiração, sendo isto importante na manutenção do teor de carbono do solo. O valor de Nmic foi baixo (4,53 mg kg⁻¹ solo seco) em relação ao controle (19,0 mg kg⁻¹ solo seco).

Clomazona favoreceu o maior acúmulo de C na P₆, indicado pelo incremento na biomassa microbiana, evidenciando que microrganismos heterótrofos, eficientes na degradação de moléculas orgânicas, estavam presentes no solo dessa parcela experimental.

Tabela 3. Biomassa N e C e relação biomassa C/biomassa N, do solo da parcela 6 e do controle, safra agrícola 2005/2006. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS.

Data de Coleta da Amostra de Solo Nov/2005	N _{mic}	C _{mic}	C _{mic} /N _{mic}
	mg/kg solo seco		
P6	4,53	125,85	27,78
Controle	19,0	59,74	

Dissipação de Carbosulfano na Água, Solo e Sedimentos de Lavouras de Arroz Irrigado

Material e Métodos

Safra Agrícola 2005/2006

Em 2005/2006, a área experimental foi instalada em um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico típico, na Estação Experimental Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão do Leão, RS. O tratamento compreendeu a aplicação da formulação comercial Fênix 250 TS (1500 g do i.a. 100 kg⁻¹ de sementes).

A parcela experimental (P8), de 180 m², teve sistema independente de irrigação e drenagem, com apenas uma entrada e uma saída da água de irrigação (oriunda diretamente da barragem, sem qualquer possibilidade de contaminação por produtos químicos antes de atingir a área do experimento). O carbosulfano foi aplicado em tratamento da semente, sendo a semeadura do arroz, cultivar BRS Taim, em 15 de dezembro de 2005. Em 27 de dezembro de 2005, a parcela foi banhada. A irrigação definitiva da parcela ocorreu em 13 de janeiro de 2006. A drenagem final foi realizada em 19 de abril de 2006.

As análises qualiquantitativas de resíduos de carbosulfano foram realizadas em amostras de solo, de água e de sedimento. Cinco amostras compostas de solo foram coletadas na parcela, na profundidade de 0-10 cm, num volume de 500g cada, um dia antes da semeadura (1DAA), e após a entrada da água de irrigação, na lâmina d'água, no dia da irrigação (ponto = 0), 1 dia após a irrigação (1), 3, 7, 14, 28, 40, 60 e 90DAI. Na rede de irrigação e drenagem, a partir da área do experimento, também foram coletadas amostras d'água.

As amostras de solo e sedimento foram acondicionadas em sacos de polietileno, enquanto as de água, em garrafas de polietileno de 1,0 L, transportadas em caixas de isopor com gelo e armazenadas em *freezer*, para posterior análises quali-quantitativas de resíduos no Laboratório de Resíduos de Pesticidas da ESALQ, USP SP.

Atividade e Biomassa Microbiana do Solo

Material e métodos

Safra Agrícola 2005/2006

Amostras de solo foram coletadas na parcela experimental (P8), sem histórico de aplicação de carbo-sulfano, na profundidade de 0-10 cm, para as análises microbiológicas, antes da semeadura, em novembro de 2005, após a semeadura das sementes tratadas com carbo-sulfano, em dezembro de 2005, e 30 dias após a colheita, em maio de 2006. O carbono da biomassa microbiana (Cmic) foi determinado utilizando método descrito por Vance et al. (1987). O Nmic foi determinado, usando o método semi-micro Kjeldahl, descrito por Tedesco et al. (1995). A atividade microbiana (CO₂) foi determinada, segundo o método de Stotzky (1965), sendo determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO₂) liberado durante 168 h de incubação. O quociente metabólico, que representa a quantidade de CO₂ liberada por unidade de biomassa microbiana, em determinado período de tempo, foi obtido pela razão entre a atividade microbiana e Cmic. Também foram obtidas as relações entre a biomassa microbiana e o carbono orgânico total, pela razão entre o Cmic e o carbono total, e a biomassa microbiana e o nitrogênio microbiano, pela razão entre o Cmic e o Nmic.

Resultados e discussão

O Cmic foi maior antes da semeadura, diferindo significativamente das demais datas (Tabela 4). Os valores de Nmic foram semelhantes entre si antes e após a semeadura e superiores ao valor após a colheita (Tabela 4). A atividade microbiana foi maior antes e após o plantio, diferindo significativamente do valor após a colheita (Tabela 4). Odum (1969) ressalta que à medida que uma determinada biomassa microbiana se torna mais eficiente, menor quantidade de carbono é perdido como CO₂ pela respiração e uma maior proporção de carbono é incorporada ao tecido microbiano. Insam (1990), citado por Balota et al. (1998), cita que o tipo de manejo do solo pode selecionar uma população microbiana mais eficiente que, por sua

vez, apresente uma menor perda de carbono via respiração, sendo isto importante na manutenção do teor de carbono do solo.

Tabela 4. Atividade microbiana (CO_2), carbono microbiano (C_{mic}), nitrogênio microbiano (N_{mic}) e relações entre $\text{C}_{\text{mic}}:\text{N}_{\text{mic}}$ (mg kg^{-1} do solo) e quociente metabólico (qCO_2), na camada de solo de 0-10 cm, em solo cultivado com sementes de arroz tratadas com carbosulfano. (P8). Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão.

Coleta das Amostras de Solo	$\text{CO}_2/\text{kg/d}$	N_{mic}	C_{mic}	$\text{C}_{\text{mic}}/\text{N}_{\text{mic}}$	qCO_2
	mg kg d^{-1}	$\text{mg kg solo seco}^{-1}$			mg kg h^{-1}
Antes do Plantio	13,49 ^a	19,20 ^a	59,42 ^a	3,10 ^a	9,47 ^{3b}
Após o Plantio	13,21 ^a	19,88 ^a	22,11 ^b	1,11 ^d	2,49 ^{2a}
Após a Colheita	5,66 ^e	10,41 ^e	26,56 ^b	2,57 ^b	8,98 ^{3b}

Valores seguidos por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

O quociente metabólico foi maior no solo após a semeadura, diferindo significativamente do valor antes do plantio e após a colheita. Para Insam e Domsch (1988), citados por Balota et al. (1998), a respiração microbiana por unidade de biomassa microbiana diminui em sistemas mais estáveis. Por outro lado, a incorporação de resíduos de culturas ao solo aumenta o qCO_2 (OCIO e BROOKES, 1990 citado por BALOTA et al., 1998). A relação $\text{C}_{\text{mic}}/\text{N}_{\text{mic}}$ diferiu significativamente entre as datas, sendo o maior valor verificado antes da semeadura. Desta forma, o maior acúmulo de C do solo, indicado pela menor liberação de CO_2 e maior quociente metabólico, foi após a semeadura das sementes tratadas com carbosulfano. Assim, os primeiros resultados não revelaram impacto ambiental negativo significativo do carbosulfano sobre a qualidade microbiológica do solo. Ressalta-se que os dados devem ser considerados com cautela, pois são resultados de uma safra agrícola. Resultados diferenciados poderão ocorrer com a continuidade do manejo do solo adotado na parcela experimental. Essa atividade terá continuidade na safra agrícola 2006/2007.

Seletividade de clomazona, carbofurano e carbosulfano a organismos benéficos no ecossistema de várzea de clima subtropical

Material e métodos

O trabalho foi realizado na safra agrícola de 2003/2004, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado. Os levantamentos populacionais na água de irrigação foram efetuados nos seguintes dias após a aplicação dos agrotóxicos ou entrada de água nas parcelas: 0 (antes da aplicação), 1, 3, 5, 10, 20, 30, 60, 90 e 120.

Os tratamentos foram aplicados na dosagem máxima registrada para a cultura do arroz irrigado, sendo utilizados os seguintes agrotóxicos: em tratamento de sementes, fipronil (Standak 250 FS) e carbosulfano (Marshal 350 TS); em cobertura, na água de irrigação, o inseticida carbofurano (Furadan 50G), 21 dias após a inundação; em pré-emergência a aplicação do herbicida clomazone; e testemunha (sem aplicação de agrotóxico), sendo coletada a água do canal de irrigação. As amostragens foram realizadas com rede de varredura, efetuando uma passagem da mesma submersa, em linha reta, ao longo de 2,0 m da taipa da parcela, retirando-se quatro amostras por parcela (uma de cada lado).

Resultados e discussão

Foram capturados no experimento 430 indivíduos, distribuídos em cinco ordens de insetos (74,5%), além de moluscos (19,3%), anfíbios (3,0%), aracnídeos (1,6%), peixes (0,9%) e crustáceos (0,7%). A ordem de insetos mais coletada em todo o levantamento foi a Coleoptera (46,7%), seguido por Hemiptera (19,8%) e Odonata (4,2%). Para os diferentes tratamentos, foram observados, em relação ao número total de exemplares coletados, valores similares para carbofurano (146) e carbosulfano (138), bem como para clomazone (68) e fipronil (61).

Atividade incorporada ao plano de ação

Comportamento Ambiental da Tecnologia Permit

Dissipação do Clomazona no Solo, Água e Sedimento

Material e métodos

Safra Agrícola 2004/2005:

Em 2004/2005, foi instalada uma área experimental em um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico típico, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão do Leão, RS. Os tratamentos compreenderam a aplicação de 2,0 L ha⁻¹ de uma formulação comercial emulsionável (CE) contendo 40% (p/v) de clomazone, com um volume de calda de 200 L ha⁻¹ (Parcela 18), e testemunha (sem aplicação de clomazona) (Parcela 16).

Cada parcela experimental, de 180 m², conteve sistema independente de irrigação e drenagem, com apenas uma entrada e uma saída da água de irrigação (oriunda diretamente da barragem, sem qualquer possibilidade de contaminação direta por produtos químicos antes de atingir a área do experimento). As sementes da cultivar BRS Atalanta foram tratadas com Permit. O clomazona foi aplicado após a semeadura do arroz (18/01/05), em 19 de janeiro de 2005, por meio de pulverizador costal (20 L) com bico leque. A irrigação das parcelas ocorreu 30 dias após a aplicação do herbicida (18/02/05).

Safra Agrícola 2005/2006:

Em 2005/2006, o experimento foi repetido nas parcelas 16 e 18 e uma nova parcela, parcela 19, foi instalada com a Tecnologia Permit (2,0 L ha⁻¹ + Permit). As sementes da cultivar BRS Taim (3,0 kg parcela⁻¹) foram tratadas com o Permit. O clomazona foi aplicado após a semeadura do arroz (30/11/05), em 7 de dezembro de 2005, por meio de pulverizador com CO₂. A irrigação definitiva das parcelas ocorreu 33 dias após a aplicação do herbicida (2/01/06).

As análises quali-quantitativas de resíduos de clomazona foram realizadas em amostras de solo, de água e de sedimento. Cinco amostras compostas de solo foram coletadas nas parcelas, na profundidade de 0-20 cm, num volume de 500g cada, um dia antes da aplicação do herbicida (1DAA), e pós-aplicação, 3, 7, 10, 15 e 30. Após a entrada da água de irrigação, foram coletadas as amostras de sedimento, na mesma profundidade e volume das amostras de solo, no dia da irrigação (ponto = 0), 1 dia pós- irrigação (1DPI), 3, 7, 14, 28, 40, 60, 90 e 180 DPI. Na lâmina d'água de cada parcela experimental, foram coletadas cinco amostras

compostas d'água, no dia da irrigação (ponto = 0), 1 dia pós-irrigação (1DPI), 3, 7, 14, 28, 40, 60, 90 e 180 DPI. Na rede de irrigação e drenagem, a partir da área do experimento, também foram coletadas amostras d'água.

As amostras de solo e sedimento foram acondicionadas em sacos de polietileno, enquanto as de água, em garrafas de polietileno de 1,0 L, transportadas em caixas de isopor com gelo e armazenadas em *freezer*, para posterior análise qualitativa e quantitativa de resíduos.

As análises cromatográficas das amostras coletadas na safra de 2004/2005 foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Agrícola e Ambiental, da Embrapa Clima Temperado. O método cromatográfico utilizado foi o registrado na Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA = *Environmental Protection Agency*), modificado. Em todos os procedimentos, utilizou-se água ultrapura. As soluções de trabalho do herbicida clomazone com concentração de $1,0 \text{ mg mL}^{-1}$, foram preparadas a partir da diluição, com hexano, da solução-estoque com padrão certificado de clomazone com 99,6% de pureza (FMC, Princeton, New Jersey). Em síntese, após a extração dos resíduos, de amostras de água com um volume de 100 mL, em fase sólida (SPE = *Solid Phase Extraction*), com hexano - acetato de etila (95/5 %) (grau HPLC) em cartuchos RP-18 (40 – 63mm), de 500 mg e 6,0 mL, os extratos foram pré-concentrados e os volumes ajustados para 1,0 mL em frascos do tipo *vials*. As amostras de solo e sedimento, na quantia de 10 g, inicialmente, foram submetidas a uma hidrólise ácida, sendo, posteriormente, empregado o mesmo procedimento de extração utilizado nas amostras de água. As análises cromatográficas foram realizadas em um cromatógrafo a gás Varian, modelo CP-3800, equipado com detector termiônico (TSD), coluna capilar CP-Sil 5 CB de 30 m x 0.25 mm x 0.25mm e autoinjector CP-8410. Como processador de dados, utilizou-se uma *Workstation* versão 4.5. Foram injetados 1,0 mL da amostra no modo com partição (*split* 10; *splitless* 0.01- 0.75; *split* 10), com programação de temperatura em 80 °C (1 min), primeiro gradiente de 240 °C/min até 30 °C/min (3 min) e o segundo de 260 °C/min até 30 °C/min (5 min), gás de arraste nitrogênio, temperatura do injetor em 250 °C e do detector em 300 °C. Para a calibração do cromatógrafo foi utilizada a técnica do padrão externo. O tempo de retenção absoluto do padrão de clomazone injetado foi de 6,67.

As análises cromatográficas das amostras coletadas na safra 2005/2006 foram encaminhadas para serem analisadas no Laboratório de Resíduos da ESALQ, SP, devido ao problema de queima do detector TSD do

equipamento GC do Laboratório de Microbiologia Agrícola e Ambiental da Embrapa Clima Temperado, em função de problemas com o fornecimento de energia elétrica na Unidade.

Atividade e Biomassa Microbiana do Solo

Material e métodos

Safra Agrícola 2005/2006:

Amostras de solo foram coletadas nas parcelas experimentais P16 (testemunha), P18 (segundo ano de aplicação da Tecnologia Permit) e P19 (sem histórico de aplicação de clomazona), na profundidade de 0-10 cm, para as análises microbiológicas, antes da semeadura da safra 2005/2006, em novembro de 2005, após a aplicação do herbicida, em dezembro de 2005, e 30 dias após a colheita, em maio de 2006. O carbono da biomassa microbiana (Cmic) foi determinado usando o método descrito por Vance et al. (1987). O Nmic foi determinado utilizando o método semi-micro Kjeldahl, descrito por Tedesco et al. (1995). A atividade microbiana (CO₂) foi determinada segundo o método de Stotzky (1965), sendo estabelecida pela quantificação do dióxido de carbono (CO₂) liberado durante 168 h de incubação. Os dados do quociente metabólico, que representam a quantidade de CO₂ liberada por unidade de biomassa microbiana, em determinado período de tempo, foram obtidos pela razão entre a atividade microbiana e Cmic. Também foram obtidas as relações entre a biomassa microbiana e o carbono orgânico total, pela razão entre o Cmic e o carbono total, e a biomassa microbiana e o nitrogênio microbiano, pela razão entre o Cmic e o Nmic. A estimativa da atividade microbiana também foi realizada pelo método de hidrólise do diacetato de fluoresceína (Monteiro, 2000). Com o método, detectou-se células microbianas ativas no solo. A análise foi executada com amostras de solo recém-coletadas das parcelas 16, 18 e 18, após a colheita.

Resultados e discussão

Dissipação do Clomazona no Solo, Água e Sedimento

Na Figura 7, observa-se a curva de dissipação do clomazona no solo, sedimento e água de irrigação. Em todos os tempos amostrados, resíduos de clomazona foram recuperados em solo e sedimento. O maior valor residual

detectado no solo foi aos 30 dias após a aplicação do clomazona ($46,24 \text{ mg L}^{-1}$). Aos 30 dias após a aplicação do herbicida, verificou-se uma tendência de baixo nível residual no solo, comportamento que também foi constatado em ensaio com a aplicação de $0,8 \text{ L ha}^{-1}$ de uma formulação comercial emulsionável (CE), contendo 40% (p/v) de clomazona (Mattos et al., 2005). Em sedimentos, nível traço de $0,008043 \text{ mg L}^{-1}$ foi detectado, 28 dias após a entrada de água. Na água, os resultados das análises cromatográficas indicaram a presença do clomazona em todos os tempos amostrados (Figura 7). O maior valor residual foi detectado sete dias após a entrada de água, $39,31 \text{ mg L}^{-1}$. A partir de 28 dias, os valores permaneceram abaixo de $1,36 \text{ mg L}^{-1}$. O resíduo na água de drenagem foi de $0,56 \text{ mg L}^{-1}$. Este valor ficou acima do limite permitido para a presença individual de agrotóxicos na água de consumo humano ($0,10 \text{ mg L}^{-1}$), pela Comunidade Européia (CE). No entanto, cabe ressaltar que a legislação da CE não menciona o nível máximo de contaminação (NMC = *Maximum Contaminant Level* = MCL) para o clomazona. Nesse contexto, trabalhos que estão em andamento poderão contribuir para a definição de um nível residual permitido para águas e solos, em ambiente subtropical, pelo órgão competente. Esse ensaio terá continuidade na safra agrícola 2006/2007.

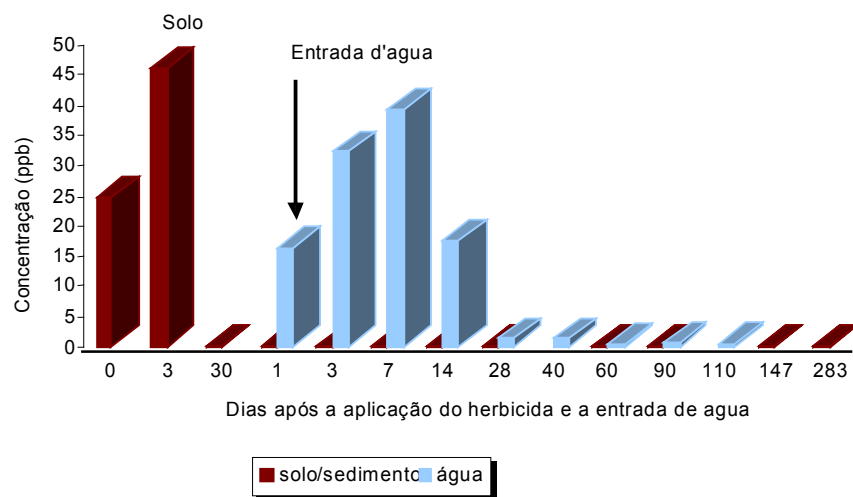


Figura 7. Dissipação do clomazona (Tecnologia Permit) no solo (15 e 30 dias após a aplicação do herbicida), sedimento e água de irrigação (1-283 dias após a entrada de água) de uma lavoura de arroz irrigado. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS.

Atividade e Biomassa Microbiana do Solo

Safrá Agrícola 2005/2006:

O C_{mic} foi maior antes da semeadura e após a semeadura na P18, diferindo significativamente das demais parcelas (Tabela 5). Após a colheita, o C_{mic} não apresentou diferença significativa entre as parcelas. O C_{mic} da P19 foi significativamente maior do que o da P16. Em relação ao tratamento testemunha (P16), os valores de N_{mic}, na P18, apresentaram diferença significativa antes e após a colheita, enquanto que na P19, somente após a semeadura (Tabela 5).

Tabela 5. Carbono microbiano (C_{mic}), nitrogênio microbiano (N_{mic}) e atividade microbiana (CO₂), relações entre C_{mic}:N_{mic} e C_{mic} e quociente metabólito (qCO₂) nos meses de novembro (antes da semeadura) e dezembro (após a semeadura) de 2005 e maio de 2006 (30 dias pós-colheita), nas parcelas 16 (controle), 18 (parcela de 2º ano) e 19 (parcela de 1º ano). Medida de FDA* após a colheita. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS.

Coleta do Solo	Parcelas	CO ₂ /kg/d	N _{mic}	C _{mic}	C _{mic} /N _{mic}	qCO ₂	FDA*
		mg kg d ⁻¹	mg kg solo seco ⁻¹			mg kg h ⁻¹	μ kg ⁻¹
Antes da Semeadura	P16	10,8 ^a	17,93 ^a	29,57 ^b	1,65 ^b	1,53 ⁻²	
	P18	9,49 ^a	13,67 ^d	36,93 ^a	2,70 ^a	1,07 ⁻²	
	P19	6,99 ^d	17,90 ^a	23,69 ^b	1,32 ^b	1,25 ⁻²	
Após a Semeadura	P16	4,72 ^d	15,97 ^b	21,95 ^d	1,37 ^b	8,85 ⁻³	
	P18	6,06 ^a	15,76 ^b	52,29 ^a	3,32 ^a	4,83 ⁻³	
	P19	6,74 ^a	23,83 ^a	32,49 ^b	1,36 ^b	8,65 ⁻³	
Pós-Colheita	P16	5,22 ^a	8,29 ^a	43,65 ^a	5,27 ^b	4,99 ⁻³	18,25 ^a
	P18	4,71 ^b	4,79 ^c	46,10 ^a	9,62 ^a	4,25 ⁻³	18,21 ^a
	P19	5,04 ^{ab}	7,41 ^a	45,68 ^a	6,16 ^{ab}	4,59 ⁻³	18,22 ^a

*Medida da atividade microbiana pelo método de hidrólise do diacetado de fluoresceína (FDA).

Valores seguidos por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

P16 = testemunha, sem aplicação da Tecnologia Permit (TP); P18 = 2º ano com aplicação da TP; P19 = 1º ano com aplicação da TP.

A atividade microbiana foi maior após a semeadura na P18 e P19, diferindo significativamente do valor da P16 (Tabela 5). Odum (1969) ressalta que à medida que uma determinada biomassa microbiana se torna mais eficiente, menor quantidade de carbono é perdida como CO_2 pela respiração e uma maior proporção de carbono é incorporada ao tecido microbiano. Insam (1990), citado por BALOTA et al. (1998), menciona que o tipo de manejo do solo pode selecionar uma população microbiana mais eficiente que, por sua vez, apresente uma menor perda de carbono via respiração, sendo isto importante na manutenção do teor de carbono do solo.

O quociente metabólico não diferiu significativamente antes da semadura e após a colheita em todas as parcelas. No entanto, foi significativamente menor no solo após o plantio na P16 e P19. Para Insam e Domsch (1988), citados por BALOTA et al. (1998), a respiração microbiana por unidade de biomassa microbiana diminui em sistemas mais estáveis. Por outro lado, a incorporação de resíduos de culturas ao solo aumenta o qCO_2 (OCIO e BROOKES, 1990 citado por BALOTA et al., 1998). A relação Cmic/Nm diferiu significativamente antes e após o plantio e após a colheita na parcela 18, em relação a P16, sendo o maior valor verificado após a colheita. Desta forma, o maior acúmulo de C do solo, indicado pela menor liberação de CO_2 e maior quociente metabólico, foi na parcela de segundo ano da aplicação da Tecnologia Permit (P18).

A medida da atividade microbiana pelo método de hidrólise do diacetado de fluoresceína (FDA) não revelou diferença significativa entre as parcelas, após a colheita. Nas próximas investigações, serão realizadas coletas de solo antes e após a semeadura das sementes tratadas com os produtos da Tecnologia Permit.

Assim, resultados de duas safras consecutivas de uso da Tecnologia Permit revelaram alterações significativas na qualidade microbiológica do solo. Resultados diferenciados poderão ocorrer com a continuidade da aplicação dessa tecnologia nas parcelas experimentais. Essa atividade terá continuidade na safra agrícola 2006/2007.

Conclusões gerais

- A cepa UR₉ foi identificada como uma espécie da família Enterobacteraceae e foi capaz de utilizar o clomazona como única fonte de carbono e energia, apesar deste ser uma fonte de carbono de difícil assimilação por esta cepa;

- *Pseudomonas* sp. STC1 foi capaz de crescer na presença de carbofurano; STC5 não utilizou o inseticida como única fonte de carbono e energia. Texto Corrigido
- Carbosulfano não apresentou efeito biocida para as cepas testadas; estudos complementares necessitam ser realizados, para uma melhor determinação do efeito do carbosulfano sobre a biota da água e do solo;
- No solo, o maior valor residual detectado foi aos 10 dias após a aplicação do clomazona (0,8 L ha⁻¹ da formulação comercial); em sedimentos, o nível de 8,0 mg L⁻¹ de clomazona foi detectado após 40 dias da entrada de água de irrigação na lavoura; na água, resíduos de clomazona foram detectados acima do limite máximo permitido para a presença individual de agrotóxicos na água de consumo humano (0,10 ppb), pela Comunidade Européia (CE). No entanto, a CE não menciona o nível máximo de contaminação (*Maximum Contaminant Level* = MCL) para o clomazona;
- Trabalhos que estão em andamento poderão subsidiar a definição de um nível residual permitido para águas e solos, em ambiente subtropical, pois a riqueza da diversidade microbiana e as condições climáticas favorecem uma dissipação mais rápida do clomazona;
- Houve uma tendência da dissipação do clomazona (Tecnologia Permit) no solo, aos 30 dias após a aplicação do herbicida; resíduos de clomazona foram detectados em níveis traços na água de irrigação, a partir de 14 dias de seu uso;
- Os resultados dos estudos de comportamento ambiental desses agrotóxicos servirão de base para a elaboração da Grade de Agrotóxicos no projeto de Produção Integrada de Arroz Irrigado no Brasil.

Referências

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998.

BARBIERI, S.M. Regulation and expression of degradative plasmids in *Pseudomonas*. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 42, n 5,6, p. 317-24, 1990.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. Brasília, DF: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

GALLANDT, E.R.; PETER, K.F.; INSKEEP, W.P. Clomazone dissipation in two Montana soils. **Weed Technology**, Champaign, v. 3, p. 146-50, 1989.

GREEN, P.N.; PIRRIE, R.S.; A laboratory apparatus for the generation and biocide efficacy testing of Legionella biofilms. **Journal Applied Bacteriologic**, London, v. 74, p. 388-93, 1993.

MATTOS, M.L.T.; MARTINS, J.F da S. Microbial aspects of environmental fate studies of carbofuran and carbosulfan in irrigated rice in the low lands agroecosystem. In: INTERNATIONAL BIODETERIORATION AND BIODEGRADATION SYMPOSIUM, 13, 2005, Madrid. **Anais**. Madrid: International Biodeterioration & Biodegradation Society, 2005. 1 CD ROM.

MATTOS, M.L.T.; ANDRES, A.; SANTOS, I.B dos Dissipação do herbicida clomazone em solo, água, sedimento de lavoura de arroz irrigado, no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4, 2005, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: Orium, 2005. p. 508-510.

MATTOS, M.L.T.; DESCHAMPS, F.; PETRINI, J.A. Monitoramento ambiental de pesticidas em águas de lavouras de arroz irrigado no sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3, 2003, Balneário Camboriú. **Anais**. Itajaí: EPAGRI, 2003. 850 p.

MATTOS, M.L.T.; MARTINS, J.FS.; MELO, M.; DIAS, R.A.; BAPTISTA, G.C. Comportamento ambiental do inseticida carbofurano em ecossistema de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2., 2001, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: Instituto Riograndense do Arroz, 2001. 894 p.

MATTOS, M.L.T. & THOMAS, R.W.S.P. Monitoramento do clomazona em cultivos líquidos com *Pseudomonas fluorescens* isolada de um PLANOSSOLO no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos**... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 494 p.

MATTOS, M. L. T.; THOMAS, R. W. S. P. Degradation of the herbicide clomazona by *Pseudomonas fluorescens*. In: INTERNATIONAL BIODETERIORATION AND BIODEGRADATION SYMPOSIUM, 10., 1996,

Hamburg. **Anais**. Hamburg: Dechema, 1996. p. 623-630.

MOAT, A. G. **Microbial physiology**. New York, J. Willey, 567 p. 1979.

MONTEIRO, R.T.R Estimativa da atividade microbiana: método de hidrólise do diacetato de fluoresceína. In: FRIGHETTO, RS.T.; VALARINI, P.J., Coord. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 189 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21).

ODUM, E.P. The strategy of ecosystem development. **Science**, Washington , v. 164, p. 262-270, 1969.

PINGALI, P. L.; ROGER, P. A., (Ed.). **Impact of pesticides on farmer health and the rice environmental**, Philippines: Kluwer Academic Publishers, 1995. 664 p.

STOTZKY, G. Microbial respiration. In: Black, C. A. (Ed). Methods of soil analysis, Madison: **American Society of Agronomy**, 1965. v. 2, p. 1550-1572.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia. UFRGS, 1995. 215 p (UFRGS Boletim Técnico, 5).

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JANKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 703-707, 1987.

Capítulo 05

*Algenor da Silva Gomes
André Andres
José Francisco da Silva Martins
Maria Laura Turino Mattos
Walkyria Bueno Scivittaro
Ariano Magalhães Jr
Luiz Felipe Thomaz*

Transferência de tecnologias em arroz irrigado

Introdução

O arroz irrigado é cultivado no Rio Grande do Sul, há mais de um século. Atualmente, esta atividade vem sendo realizada, anualmente, em uma área em torno de um milhão de hectares, o que representa cerca de 37% da área cultivada com este cereal no Brasil, respondendo, todavia, por 60% da produção nacional de arroz. Aspectos, como a concorrência do arroz produzido em outros países, notadamente do Mercosul, da Ásia e os Estados Unidos da América, fomentados pela oscilação interna do câmbio e pela inexistência de uma política agrícola de longo prazo, com regras claras, têm contribuído para que os orizicultores gaúchos busquem, constantemente, o aumento de produtividade de grãos, tornando a lavoura de arroz irrigado altamente demandante de tecnologias e com elevados custos de produção.

Apesar do bom nível tecnológico apresentado por boa parte das lavouras de arroz irrigado do RS, os orizicultores gaúchos ainda buscam o aumento da produtividade, muitas vezes em detrimento da lucratividade (eficácia) do negócio agrícola, esquecendo-se, por vezes, que esta se encontra diretamente associada ao planejamento técnico e econômico de seu empreendimento.

O êxito da lavoura orizícola não consiste apenas em utilizar técnicas dispendiosas. É preciso saber gerenciar de forma a maximizar o lucro, otimizando os recursos destinados à produção e reestruturando os fatores de produção: terra, capital e trabalho. Desta forma será possível estabelecer um equilíbrio na equação: produzir mais e melhor, com recursos cada vez mais escassos, sem perder de vista a qualidade ambiental.

A transferência de tecnologia, no contexto atual da lavoura orizícola do RS, destaca-se como um importante processo capaz de, se bem conduzido, contribuir para o uso racional e integrado de tecnologias e, em consequência, reduzir as lacunas de produtividade existentes entre o rendimento potencial de lavoura ($9,0 \text{ t ha}^{-1}$) e o rendimento atual ($7,0 \text{ t ha}^{-1}$), obtido pela maioria dos orizicultores gaúchos. Na busca da potencialização deste processo, a Embrapa Clima Temperado estabeleceu parceria com a FMC Química do Brasil, instituição representativa da cadeia produtiva do arroz irrigado, tanto em nível nacional, como internacional. Assim, foi estabelecido um plano de atividades objetivando transferir tecnologias e outras informações demandadas pelos orizicultores gaúchos sobre cultivares e técnicas de manejo racional e integrado da cultura do arroz irrigado, enfatizando os objetivos e os efeitos de cada técnica, sob o ponto de vista qualiquantitativo, com enfoque na rentabilidade e na sustentabilidade sócio-ambiental para a cultura.

Atividades realizadas

Unidades Demonstrativas – UD.

Inicialmente, foram previstas implantações de três UD, no primeiro ano de parceria (2003/04), e cinco, nas duas safras seguintes. Todavia, foram conduzidas, considerando o período da parceria, 37 UD, envolvendo cultivares, herbicida, adubação, época de irrigação e tratamento de sementes do arroz irrigado. Elas se encontram, a seguir, descritas e discutidas por safra.

UDs - Safra 2003/04

Nesta safra, foram conduzidas na fazenda Tulipa, de Irmãos Forsin, em D. Pedrito, RS, sete UD, envolvendo épocas de início da irrigação e o herbicida Gamit. Os resultados obtidos nestas UD encontram-se na Tabela 1. Observa-se que as produtividades médias de grãos de arroz, obtidas em função do início da irrigação aos 20 dias após a emergência das plântulas

(DAE) ou aos 30 DAE foram semelhantes, indicando que o uso do Gamit, no controle de plantas daninhas em arroz irrigado, possibilita a entrada da água na lavoura até 30 dias após a emergência das plântulas, sem prejuízo na produtividade. Foi constatado um excelente controle de plantas daninhas com a aplicação de 0,6 L ha⁻¹ do herbicida, em pré-emergência, dispensando a realização de controle em pós-emergência.

Também na Fazenda Tulipa, na mesma safra, foram conduzidas sete UD's, envolvendo a adubação fosfatada com fosfato natural de Arad (FNr), isoladamente, ou em mistura com o superfosfato triplo (ST). Os resultados obtidos nestas UD's encontram-se na Tabela 2. A análise destes resultados demonstra que a adubação com FNr proporcionou rendimento de grãos de arroz semelhante àquele obtido quando foi utilizada a mistura, em proporções iguais, de FNr e SFT. Observa-se, também, na mesma Tabela, que o arroz respondeu à adubação.

Tabela 1. Produtividade de grãos de arroz (t ha⁻¹), em função da época de início da irrigação da lavoura e do uso de Gamit no controle das invasoras. Fazenda Tulipa, D. Pedrito (RS). Safra 2003/04.

UDs ¹ (n.º)	EI – 20 DAE	UDs (n.º)	EI – 30 DAE
1A	10,4	1B	10,9
2A	10,5	2B	10,6
3A	11,2	3B	10,2
4A	10,6	---	---
Média	10,7		10,6

¹A área colhida de cada UD foi de 8 m² (2 x 4m²); EI = época de irrigação; DAE = dias após a emergência.

Tabela 2. Produtividade de grãos de arroz, em função da adubação fosfatada com Fosfato natural de Arad. D. Pedrito, Fazenda Tulipa (RS). Safra 2003/04.

UDs	FNr (DRP)	UDs	FNr + ST (50% + 50%)	UDs	Sem adubação
N.º	t ha ⁻¹	N.º	t ha ⁻¹	N.º	t ha ⁻¹
8C	10,6	11D	11,0	14E	8,6
9C	10,2	12D	10,3	15E	8,4
10C	10,5	13D	10,3	16E	8,6
MÉDIA	10,4		10,5		8,5

FNr = fosfato natural de Arad; DRP = dose recomendada de P; ST = superfosfato triplo.

UDs - Safra 2004/05:

Nesta safra, a Embrapa Clima Temperado implementou o “Projeto MARCA”, conduzindo suas primeiras UD's. Embora estas atividades não fizessem parte, inicialmente, do Projeto Embrapa/FMC, elas foram desenvolvidas com o apoio desta Parceria e, assim, foram incluídas no Projeto. Foram instaladas, nesta safra, dez UD's do “MARCA”, conforme descritas na Tabela 3. Em todas as UD's foram utilizadas as Tecnologias-chave recomendadas neste Projeto.

Tabela 3. Produtividades médias de grãos de arroz irrigado da Zona Sul e Campanha, e produtividades obtidas com o manejo preconizado no “Projeto Marca” em UD's¹ conduzidas em propriedades localizadas nas respectivas regiões. Safra 04/05.

Região/ Município	Propriedade	Área (ha)	Cultivar	Produt.(t ha ⁻¹)
Campanha/ D. Pedrito	Fazenda Tulipa	6,0	BRS 7 “Taim”	8,7
		4,0	BRS Atalanta	8,4
Campanha/ D. Pedrito	Fazenda Guatambu	4,0	BRS Pelota	8,4
		6,0	BRS 7 “Taim”	9,4
Zona Sul/ Jaguarão	Granja Bretanhas	13,1*	BRS Pelota	7,6
		17,8**	BRS Pelota	6,0
Zona Sul/ Pelotas	Granja da Várzea	13,0	BRS 7 “Taim”	6,2
Zona Sul/ Pelotas	Embrapa – ETB	10,0	BRS 7 “Taim”	7,1
		7,0	BRS Fronteira	7,9
Média ZS	-----	-----	-----	5,6
Média CP.	-----	-----	-----	6,5

¹À exceção da semeadura direta, em Guatambu, as demais UD's foram semeadas em cultivo mínimo. Em todas foi aplicado Gamit, em pré-emergência, de 0,5 a 0,6 L ha⁻¹; * e ** Sementes tratadas e não tratadas com Vitavax –Thiram, respectivamente.

A análise dos resultados contidos da Tabela 3 demonstra que as produtividades de arroz, obtidas com o manejo recomendado no Projeto “Marca” se mostram superiores às respectivas médias regionais (safra 2003/04) e, em sua maioria, próximo ao rendimento potencial médio de lavoura estimado para o Estado do RS, como de 9,0 t ha⁻¹.

Na Granja Bretanhas foram conduzidas mais seis UD's do “Marca”, com o apoio do Projeto de Parceria. Dessas, três receberam sementes tratadas com Vitavax-Thiram e três foram semeadas com sementes não tratadas. No período que transcorreu da semeadura ao início da irrigação (31 dias), não

ocorreram precipitações pluviométricas na área. Este aspecto contribuiu para que a população inicial de plantas (PIP) tenha respondido positivamente ao tratamento de sementes (PIP média de 223 planta m^{-2} , com sementes tratadas, contra 168 plantas m^{-2} , sem tratamento de sementes), o que se refletiu positivamente na produtividade de grãos (Tabela 3).

Ainda na safra 2004/05, foram conduzidas seis UD's na Fazenda Tulipa, em D. Pedrito, visando avaliar o Rendimento Potencial de Pesquisa (RPP) das principais cultivares de arroz irrigado da Embrapa Clima Temperado. Os resultados desta avaliação encontram-se na Tabela 4, e indicam o alto RPP destas cultivares, quando utilizadas na região de D. Pedrito, superando as 12 t ha^{-1} , como no caso das BRS Querência e Pelota.

Tabela 4. Rendimento potencial de pesquisa (RPP¹) de cultivares de arroz irrigado da Embrapa Clima Temperado. D. Pedrito, Fazenda Tulipa, RS. Safra 2004/05.

Cultivar	Parcela (m^2)	Produtividade (t ha^{-1})
BRS Querência	200	12,60
BRS Fronteira	200	11,01
BRS Pelota	200	12,10
BRS Taim	200	9,58
BRS Firmeza	200	10,06
BRS Atalanta	200	9,47

¹RPP = ao rendimento obtido em estações experimentais (em parcelas), ou em UD's.

UDs - Safra 2005/06:

Nesta safra foi considerada como parte do Programa da Parceria FMC/Embrapa, a UD do "Marca" conduzida na Estação Experimental Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado. A cultivar utilizada foi a BRS Pelota, semeada em 15 hectares, no sistema cultivo mínimo, sendo aplicado, juntamente com o dessecante, 0,5 L ha^{-1} de Gamit, conforme recomendação no Projeto "Marca". A produtividade obtida encontra-se na Tabela 5. Observa-se que ela foi superior à média da Região Sul, em 1,4 t ha^{-1} .

Tabela 5. Produtividades médias de grãos de arroz irrigado, obtidas em UD¹ conduzida na ETB, sob o manejo previsto no P. "Marca". Safra 05/06.

Município	Propriedade	Área (ha)	Cultivar	Produt. (t ha^{-1})
Pelota	Embrapa - ETB	15	BRS Pelota	7,5
Média ZS	-----	-----	-----	6,1

¹UD = Unidade Demonstrativa.

Dias-de-Campo (DsC)

Inicialmente, foi prevista a realização de três DsC, no primeiro ano de parceria (2003/04), e cinco, nas duas safras seguintes. Todavia, foram conduzidos, considerando o período da Parceria, nove dias-de-campo. Estes se encontram descritos por safra, a seguir.

Dias-de-campo. Safra 2003/04

1) Título do evento: BRS Atalanta - alternativa para economia de água na lavoura orizícola.

Local: Estação Experimental Terras Baixas - Embrapa Clima Temperado. Pelotas (RS).

Data: 22 de dezembro de 2004.

Promoção e realização: FMC Química do Brasil, Embrapa Clima Temperado e Fundação de Apoio à Pesquisa Edmundo Gastal- FAPEG.

Programação:

09h30 min - Abertura - Dr. João Carlos da Costa Gomes - CPACT;

09h50min - Apresentação e resultados de campo, no RS, da cultivar BRS Atalanta - Paulo Fagundes; Ariano Magalhães Jr. e Daniel Franco;

10h10min - Manejo de cultivares de arroz da Embrapa - Algenor Gomes; José Alberto Petrini e André Andres;

10h30min - Depoimento de produtores

10h50min - Colheita: Máquinas John Deere;

11h15min - Encerramento;

Número de participantes – 75 pessoas.

2) Título do evento: Fase inicial da cultura do arroz irrigado.

Local: Estação Experimental Terras Baixas - Embrapa Clima Temperado. Pelotas (RS).

Data: 22 de dezembro de 2004.

Promoção e realização: FMC Química do Brasil e Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Programação:

14h - 14h 30min - Tratamento de sementes e controle de pragas do solo, com ênfase à bicheira do arroz;

14h 50min - 15h 20min - Resistência genética de plantas de arroz à bicheira-da-raiz;

15h 20min - 15h50min - Influência de sistemas de cultivo na temperatura do solo e na emergência de plântulas de arroz;

15h 50min - 16h20min - Controle de plantas daninhas em arroz irrigado;

16h 20min - 16h 50min - Comportamento das linhagens Clearfield;

17h - 17h 30min - Projeto Marca na ETB: fase vegetativa.

17h 40min - 18h 15min - Semeadura de soja em sistema de camalhões de base larga (direto e convencional)

18h 20min - 18h 55min - Preparo de camalhões;

Número de participantes: 70 pessoas.

3) Título do evento: Arroz irrigado.

Local: Fazenda Tulipa, D. Pedrito (RS).

Data: 27 de fevereiro de 2004.

Promoção e realização: FMC Química do Brasil, Fazenda Tulipa, Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Programação:

13h30min - Abertura: Embrapa, Irmãos Forsin e FMC;

14h - Estação 1. Cultivares de arroz irrigado da Embrapa Clima Temperado - Ariano de Magalhães Júnior e Paulo R. Fagundes;

15h - Estação 2. Otimização do uso de herbicidas na lavoura de arroz irrigado - André Andres;

15h30min - Estação 3. Otimização do uso de adubação nitrogenada em arroz irrigado - Walkyria B. Scivittaro;

16h - Estação 4. Otimização do uso da água no arroz irrigado - Algenor Gomes;

16h30min - Estação 5. Uso de fosfatos naturais na lavoura de arroz irrigado -

Algenor Gomes;

17h - Encerramento: Embrapa, Irmãos Forsin e FMC;

Número de participantes: 196.

4) Título do evento: Arroz irrigado.

Local: Estação Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima Temperado. Pelotas (RS).

Data: 11 de março de 2004.

Promoção e realização: FMC Química do Brasil, Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Programação:

8h30min - 9h - Recepção e inscrições no Campo Experimental da ETB;

9h - 9h40min - Estação 1- Melhoramento Genético (Pesquisadores - Ariano de Magalhães Jr.; Daniel Franco e Paulo Fagundes) e Estudos Agroclimáticos (Pesq. Sílvia Steinmetz);

10h - 10h40min - Estação 2- Manejo de água x Nitrogênio (Pesq. Walkyria Scivittaro) e Fósforos Naturais (Pesq. Algenor da Silva Gomes);

10h50min - 11h20min- Intervalo;

11h30min - 12h10min - Estação 3 - Sistema Pré-germinado (Pesq. José Alberto Petrini) e Manejo de Plantas Daninhas (Pesq. André Andres);

12h30min - 13h10min - Estação 4- Manejo de Pragas (Pesq. José F. Martins) e Estudos de Impacto Ambiental (Pesq. Maria Laura Mattos);

13h - 14h30min – Almoço;

15h - 17h - Estação 5 - Arroz Orgânico (Pesq. - Maria Laura Mattos; Daniel Franco; José F. Martins e Walkyria B. Scivittaro);

17h - Encerramento: Embrapa Clima Temperado e FMC Química do Brasil.

Dias-de-campo. Safra 2004/05

5) Título do evento: Métodos de controle de plantas daninhas em arroz.

Local: Estação Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima Temperado. Pelotas (RS).

Data: 10 de janeiro de 2005.

Promoção e realização: FMC Química do Brasil, Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Objetivos: a) Demonstrar tecnologias desenvolvidas na ETB e b) Integrar pesquisadores do CPACT, universidades, agricultores e técnicos da iniciativa privada da Região Sul do RS.

Programação:

8h30min – Abertura;

8h45min - Resultados obtidos em pesquisa pelo CPACT;

10h30min - Visita aos campos experimentais do CPACT;

12h30min - Encerramento do Dia-de-Campo;

Número de participantes: 30 pessoas.

6) Título do evento: Arroz irrigado e diversificação de culturas em várzea.

Local: Estação Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima Temperado. Pelotas (RS).

Data: 11 de março de 2005.

Promoção e realização: FMC Química do Brasil, Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Apoio: SuperN – Agrotain e Pioneer.

Programação:

8h30min - 9h - Recepção e inscrições: Área Experimental;

Manhã – Temas em arroz irrigado:

Estação 1 – Fatores agroclimatológicos – Sílvia Steinmetz;

Estação 2 – Manejo do nitrogênio – Walkyria Scivittaro;

Estação 3 – Manejo racional do pré-germinado - José Petrini;

10h20min – 10h40min – Lanche;

Estação 4 – Manejo de plantas daninhas – André Andres;

Estação 5 – Estratégias de tratamento de sementes – José F. Martins;

Estação 6 – Resíduos de agrotóxicos – Maria Laura Mattos;

Estação 7 - Novas cultivares e linhagens promissoras - Paulo Fagundes, Daniel F. Franco e Ariano Magalhães Jr.;

Estação 8 – Manejo racional da cultura. Projeto MARCA – Algenor Gomes e José Alberto Petrini.

Tarde – Temas em culturas alternativas em várzea:

Estação 1 – Fosfatos naturais – Algenor Gomes;

Estação 2 – Milho e soja, em sistema sulco/camalhão, em área sistematizada – José Parfitt e Cláudio Silva;

Estação 3 – Inovações tecnológicas – Manejo do nitrogênio na cultura do milho – Walkyria Scivittaro;

Estação 4 – Resíduo de atrazina na cultura do milho - Maria Laura Mattos;

Estação 5 – Cultivares de milho – Marilda Porto;

Estação 6 – Controle da *Spodoptera* em milho – Uemerson da Cunha;

Estação 7 – Sistema de camalhão largo – Julio Centeno da Silva;

17h - Encerramento: Embrapa Clima Temperado e FMC Química do Brasil.

Número de participantes: 150 pessoas

Dias-de-campo. Safra 2005/06

7) Título do evento: Tecnologias para o arroz irrigado.

Local: Hadler & Hasse, Br 116, km 598. Chasqueiro, Arroio Grande (RS).

Data: 24 de março de 2006.

Promoção e realização: FMC Química do Brasil, Dow AgroSciences, Chemtura, Hadler & Hase, Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Programação:

Projeto Marca – Produtor e Embrapa Clima Temperado;

Produção de sementes de arroz – Hadler & Hasse;

Áreas demonstrativas das cultivares de arroz irrigado da Embrapa Clima Temperado;

Controle de Plantas Daninhas – Dow AgroSciences

Tratamento de Sementes - Chemtura Company.

Número de participantes: 46 pessoas.

8) Título do evento: Tecnologias para o arroz irrigado e culturas alternativas em várzea.

Local: Estação Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima Temperado. Pelotas (RS).

Data: 15 de março de 2006.

Promoção e realização: Embrapa Clima Temperado, Embrapa Arroz e Feijão, Embrapa Transferência de Tecnologia e FAPEG.

Apoio: FMC Química do Brasil, Chemtura, RiceTec.

Programação:

Arroz Irrigado

Melhoramento e práticas culturais – Paulo Ricardo R. Fagundes, Ariano Martins de Magalhães Jr. e Daniel Fernandes Franco;

Manejo Integrado de pragas – André Andres, José Francisco Martins, Cley D. Martins Nunes e Uemerson da Cunha;

Clima, Solo e Água – Walkyria Bueno Scivittaro, Sílvio Steinmetz e Algenor da Silva Gomes;

Comportamento ambiental de agrotóxicos em arroz irrigado – Maria Laura T. Mattos;

Transferência de tecnologia Projeto MARCA – José Alberto Petrini, Algenor da Silva Gomes, Paulo Ricardo R. Fagundes e Isabel Helena V. Azambuja.

Culturas alternativas em áreas de várzeas

Melhoramento e práticas culturais – Marilda Pereira Porto, Antônio André Amaral Raupp, Francisco de Jesus Verneti Jr., Clenio Nailto Pillon, e Giovani Theisen;

Manejo integrado de pragas – Uemerson da Cunha, Nely Brancão e Giovani Theisen;

Manejo de solo e água – Claudio Alberto S. da Silva, José Maria B. Parfitt, Algenor da Silva Gomes, Walkyria B. Scivittaro e Clenio Nailto Pillon;

Número de participantes: 198 pessoas.

9) Título do evento: Utilização racional de várzeas.

Local: Propriedade de João Cerpa de Moraes. Jaguarão (RS).

Granjas : Cruzeiro e Sobrado.

Data: 26 de fevereiro de 2006.

Promoção e realização: Revenda Fronteira Agropecuária, FMC Química do Brasil, Dow, Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Programação:

14h - Abertura - Revenda Fronteira - Eng. Agrôn. Eduardo;

15h às 16h - Sorgo Corte- Pastejo - Opções para engorde bovino: Antônio André Amaral Raupp. Embrapa Clima Temperado;

16h às 17h - Controle de gramas estoloníferas no preparo de verão – André Andres, da Embrapa Clima Temperado e José Eduardo Feijó, da Monsanto;

17h às 18h - Comparativo dos herbicidas Gamit e Ricer no controle de capim-arroz. André Andres. Embrapa Clima Temperado;

18h – Discussão final;

19h – Jantar de encerramento;

Número de participantes: 83 pessoas.

Realização de Cursos (RCs)

Capacitação de Produtores

Na programação estabelecida, inicialmente, foram previstas realizações de dois cursos por safra, totalizando seis cursos no período de parceria. Porém, foram realizados cinco cursos no total, como descrito a seguir:

Cursos realizados em 2004

1) Curso - 1º Curso de atualização técnica em produção de arroz irrigado e diversificação de culturas em áreas de várzeas.

Local: Câmara Municipal de Vereadores - Rosário do Sul – RS.

Data: 19 a 20 de agosto de 2004.

Promoção e realização: FMC, COARROZ, Associação dos Arrozeiros, Embrapa

Clima Temperado e FAPEG.

Programação:

Dia 19 de agosto - quinta-feira

9h às 9h30min - Credenciamento: Câmara Municipal de Vereadores;

9h30min às 9h40min - Abertura: Embrapa Clima Temperado - Instituições Parceiras;

10h às 11h - Caracterização e escolha de cultivares de arroz irrigado para o RS

Palestrante: Paulo Ricardo R. Fagundes - Embrapa Clima Temperado;

11h às 12h - Otimização de fertilizantes nas lavouras de arroz irrigado do RS

Palestrante: Walkyria Bueno Scivittaro - Embrapa Clima Temperado;

12h às 14h – Almoço;

14h às 15h - Manejo racional de plantas daninhas em arroz irrigado

Palestrante: André Andres - Embrapa Clima Temperado;

15h às 16h - Manejo integrado de pragas em arroz irrigado

Palestrante: Anderson Dionei Grützmacher - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (Faem/UFPel).

Dia 20 de agosto - quinta-feira

8h às 9h30min – Painel - Rotação em áreas de várzea: manejo do solo, da água e das culturas:

Painelistas: Algenor da S. Gomes; José Maria B. Parfitt e Marilda Pereira Porto - Embrapa Clima Temperado;

9h40min às 10h - Intervalo

10h às 11h - Manejo racional de doenças em arroz irrigado

Palestrante: Cley Donizeti M. Nunes - Embrapa Clima Temperado;

11h às 12h - Estimativa da diferenciação da panícula de arroz pelo método de Graus-dias

Palestrante: Sílvio Steinmetz - Embrapa Clima Temperado;

12h10min às 12h30min - Encerramento.

Número de participantes: 112 pessoas

2) Curso - 2º Curso de atualização técnica em produção de arroz irrigado e diversificação de culturas em áreas de várzeas.

Local: PUCRS, Campus II, BR 472 Km 7 – Uruguiana, RS.

Data: 23 a 24 de setembro de 2004.

Promoção e realização: FMC, ASSEAGU, PUCRS, Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Programação:

Dia 23 de setembro – quinta-feira:

8h30min às 9h - Abertura do Curso: Embrapa Clima Temperado, FMC, ASSEAGRU e PUCRS;

9h às 10h - Caracterização e escolha de cultivares de arroz irrigado para o RS

Palestrante: Paulo Ricardo R. Fagundes - Embrapa Clima Temperado;

10h às 10h15min - Intervalo - **Coffe Break;**

10h15min às 11h15min - Otimização de fertilizantes nas lavouras de arroz irrigado do RS

Palestrante: Walkyria Bueno Scivittaro - Embrapa Clima Temperado;

11h15min às 12h15min - Manejo racional de plantas daninhas em arroz irrigado

Palestrante: André Andres - Embrapa Clima Temperado;

12h15min às 13h45min - Intervalo **Almoço;**

14h às 15h - Manejo integrado de pragas em arroz irrigado

Palestrante: Anderson Dionei Grützmacher - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (Faem/UFPel);

15h às 16h - Manejo racional da água em arroz irrigado

Palestrante: Algenor da Silva Gomes - Embrapa Clima Temperado

16h às 16h15min - Intervalo - **Coffe Break;**

16h15min às 17h15min - Arroz irrigado e qualidade ambiental

Palestrante: Maria Laura T. Mattos - Embrapa Clima Temperado.

Dia 24 de setembro – sexta-feira:

8h30min às 10h30min - Rotação em áreas de várzea: manejo do solo, da água

e das culturas (Painel)

Painelistas: Algenor da S. Gomes; José Maria B. Parfitt e Marilda Pereira Porto.
- Embrapa Clima Temperado;

10h30min às 10h40min - Intervalo - Coffe Break;

10h40min às 12h - Estimativa da diferenciação da panícula de arroz pelo método de graus-dia e prognóstico climático para a safra 2004/2005

Palestrante: Sílvio Steinmetz, - Embrapa Clima Temperado;

12h às 12h10min - Encerramento do Curso.

Número de participantes: 72

Cursos realizados em 2005

3) Curso - **3º Curso de atualização técnica em produção de arroz irrigado e diversificação de culturas em áreas de várzeas.**

Local: Sindicato Rural, Alegrete, RS.

Data: 5 a 6 de julho de 2005.

Promoção e realização: FMC Química do Brasil, Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Apoio: Associação dos Arrozeiros de Alegrete, Sindicato Rural de Alegrete, CAAL, COOPLANTIO, Associação de Eng. Agr. de Alegrete, EMATER-RS, Fundação Marona e Prefeitura Municipal de Alegrete.

Programação:

Dia 05 de julho - terça feira

8h às 8h30min - Credenciamento – Sindicato Rural de Alegrete;

8h30min às 9h - Abertura do Curso - Embrapa Clima Temperado e outras instituições;

9h às 10h - Caracterização e escolha de cultivares de arroz irrigado para o RS;

Palestrante - Paulo Ricardo R. Fagundes - Embrapa Clima Temperado;

10h às 10h15min - Intervalo - Coffe Break;

10h15min às 11h15min - Manejo integrado de pragas em arroz irrigado;

Palestrante - José Francisco Martins – CNPAF - Embrapa Clima Temperado;

11h15min às 12h15min - Manejo racional da adubação para o arroz irrigado;

Palestrante - Walkyria Bueno Scivittaro - Embrapa Clima Temperado;

12h15min às 14h - Intervalo para almoço;

14h às 15h - Manejo racional de plantas daninhas em arroz irrigado;

Palestrante - André Andres - Embrapa Clima Temperado;

15h às 16h - Manejo racional de doenças em arroz irrigado;

Palestrante - Cley Donizeti M. Nunes - Embrapa Clima Temperado;

16h às 16h15min - Intervalo - **Coffe Break**;

16h15min às 17h15 min - Manejo racional da água em lavouras de arroz irrigado no RS;

Palestrante - Algenor S. Gomes - Embrapa Clima Temperado;

17h15min às 18h15min - Gerenciamento Técnico-operacional das empresas orizícolas.

Palestrante - Isabel Helena V. Azambuja - Embrapa Clima Temperado;

Dia 06 de julho – quarta-feira

8h30min às 9h30min - Arroz irrigado e qualidade ambiental;

Palestrante - Maria Laura T. Mattos - Embrapa Clima Temperado;

9h30min às 10h40min - Rotação em áreas de várzea: manejo do solo, da água e das culturas (Painel);

Painelistas: Algenor da S. Gomes; José Maria B. Parfitt e Marilda Pereira Porto - Embrapa Clima Temperado;

10h40min às 11h Intervalo - **Coffe Break**;

11h às 12h - Estimativa da diferenciação da panícula de arroz pelo método de Graus-dia e prognóstico climático para safra 2005/2006;

Palestrante - Sílvio Steinmetz. - Embrapa Clima Temperado;

Número de participantes: 98 pessoas.

4) Curso - 4º Curso de atualização técnica em produção de arroz irrigado e diversificação de culturas em áreas de várzeas.

Local: Embrapa Pecuária Sul, Bagé (RS)

Data: 16 a 17 de agosto de 2005

Promoção e realização: FMC Química do Brasil, Embrapa Pecuária Sul, Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Programação:

16 de agosto – terça-feira

9h às 10h - Caracterização e escolha de cultivares de arroz irrigado para o RS. Paulo Ricardo R. Fagundes - Embrapa Clima Temperado;

10h15min às 11h15min - Qualidade na produção de sementes. Pedro Moreira - SNT

11h15min às 12h15min - Manejo integrado de pragas em arroz irrigado. José Francisco Martins - CNPAF - Embrapa Clima Temperado;

14h às 15h - Manejo racional da adubação para o arroz irrigado. Walkyria Bueno Scivittaro - Embrapa Clima Temperado;

15h às 16h - Manejo racional de plantas daninhas em arroz irrigado. André Andres - Embrapa Clima Temperado;

16h15min às 17h15min - Manejo racional da água em lavouras de arroz irrigado no RS. Algenor da S. Gomes - Embrapa Clima Temperado;

17h15min às 18h15min - Manejo racional de doenças em arroz irrigado. Cley Donizete Nunes - Embrapa Clima Temperado;

16 de agosto – quarta-feira

9h às 12h – Painel: Rotação de culturas e integração pecuária lavoura em várzea – manejo do solo, da água e das culturas. Algenor da S. Gomes; José B. Parfitt, Antônio A. Raupp e Marilda P. Porto – Embrapa Clima Temperado;

12h às 13h30min – Almoço;

13h30min às 13h30min – Arroz irrigado e qualidade ambiental. Maria Laura T. Mattos - Embrapa Clima Temperado;

14h30min às 15h30min – Projeto Marca – conceitos e resultados. Safra 2004/05. José Alberto Petrini - Embrapa Clima Temperado;

15h30min – intervalo;

15h45min às 16h45min – Estimativa da diferenciação da panícula de arroz pelo método da Graus-dia e prognóstico climático para a safra 2005/06. Sílvio Steinmetz. - Embrapa Clima Temperado;

17h – Encerramento.

Número de participantes: 51 pessoas.

Cursos realizados em 2006

5) Curso - Manejo de plantas daninhas em arroz irrigado

Local: Distribuidora Osvaldo Marimon - Bagé, RS.

Data: 7 de junho de 2006.

Promoção e realização: FMC Química do Brasil, Embrapa Clima Temperado e FAPEG.

Apoio: Distribuidora Osvaldo Marimon - Bagé, RS

Programação:

19h às 20h30min - Manejo de gramíneas com a tecnologia Gamit/Permit.

Palestrante: Antônio Barra, FMC Química do Brasil Ltda.;

20h30min às 20h45min - intervalo;

20h45min às 22h15min - Competição inicial de plantas daninhas com o arroz irrigado

Palestrante: André Andres, Embrapa Clima Temperado;

22h15min às 23h – Discussão e encerramento do curso;

Número de participantes: 42 pessoas.

Realização de Palestras

Inicialmente, foram previstas realizações de dezoito palestras por safra, totalizando cinquenta e quatro palestras, durante o período de parceria. Todavia, neste período, foram realizadas cinquenta e sete palestras, as quais estão descritas, por ano, a seguir:

Palestras realizadas em 2004

- 1) Palestra:** Panorama dos sistemas produtivos de arroz irrigado no Brasil. Ariano Magalhães Jr.. Conferência e Taller - Melhoramento genético de arroz na América Latina e Caribe – 15 a 19 de março de 2004. Goiânia (GO);

- 2) **Palestra:** Cenários tecnológicos. III Seminário da Sala de Agronegócios de Cachoeira do Sul - Novos Cenários Tecnológicos e Mercadológicos – Algenor da S. Gomes. FENARROZ, 20 de maio de 2004. Cachoeira do Sul (RS);
- 3) **Palestra:** Cenários tecnológicos para o arroz irrigado: Projeto “MARCA”. – Algenor da S. Gomes. I Fórum de Agricultura e Agronegócio do RS – FENADOCE, de 15 a 18 de junho de 2004. Pelotas (RS);
- 4) **Palestra:** Lançamento “Projeto MARCA” - Manejo racional da cultura do arroz irrigado – Algenor da S. Gomes. 3º Seminário do Agronegócio, de 16 a 17 de julho de 2004. Rosário do Sul (RS);
- 5) **Palestra:** Cenários tecnológicos do arroz irrigado – Algenor da S. Gomes. III Fórum de Tecnologia Aplicada ao Agronegócio, de 21 a 24 de outubro de 2004. Pelotas (RS);
- 6) **Palestra:** Manejo racional da lavoura de arroz irrigado no RS - Algenor da S. Gomes. Associação de Engenheiros Agrônomos, em 25 de novembro de 2004. S. Vitória do Palmar (RS);
- 7) **Palestra:** Manejo da água e de plantas daninhas em arroz irrigado - André Andres. Seminário: Novos horizontes para a sustentabilidade da lavoura orizícola do RS – 6 de novembro de 2004. ETB, Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão (RS);
- 8) **Palestra:** Manejo da água e da adubação nitrogenada na cultura do arroz - Walkyria Bueno Scivittaro. Seminário: Novos horizontes para a sustentabilidade da lavoura orizícola do RS – 6 de novembro de 2004. ETB, Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão (RS);
- 9) **Palestra:** Manejo integrado do gorgulho-aquático com ênfase no aperfeiçoamento da tecnologia de aplicação de inseticidas - José Francisco da Silva Martins. Seminário: Novos horizontes para a sustentabilidade da lavoura orizícola do RS – 6 de novembro de 2004. ETB, Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão (RS);
- 10) **Palestra:** Comportamento ambiental de agrotóxicos aplicados em lavouras de arroz irrigado - Maria Laura Turino Mattos. Seminário: Novos horizontes para a sustentabilidade da lavoura orizícola do RS – 6 de novembro de 2004. ETB, Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão (RS);
- 11) **Palestra:** Transferência de tecnologias em arroz irrigado - Algenor da Silva Gomes. Seminário: Novos horizontes para a sustentabilidade da lavoura orizícola do RS – 6 de novembro de 2004. ETB, Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão (RS);

- 12) Palestra:** Reconversão de sistemas de irrigação na orizicultura, alternativas de seqüência e rotação de culturas - Algenor da S. Gomes. XIV CONIRD e I Encontro Interamericano de Irrigação, Drenagem e Controle de Enchentes, de 24 a 29 de novembro de 2004. Porto Alegre (RS);
- 13) Palestra (Painel):** Projetos inovadores na cadeia orizícola – “Projeto Marca” – Algenor da S. Gomes. XXXVI Semana Acadêmica da Agronomia, de 06 a 10 de dezembro de 2004. Pelotas (RS).

Palestras realizadas em 2005

- 14) Palestra:** Nitrogênio - manejo e inovações tecnológicas. Walkyria Scivittaro. Dia-de-campo: Tecnologias para o arroz irrigado - 11 de fevereiro de 2005. Fazenda Tulipa, Ponche Verde, D. Pedrito (RS);
- 15) Palestra:** Situação da bicheira-da-raiz na cultura do arroz irrigado e métodos de controle. José Francisco da S. Martins. Treinamento Técnico da FMC Química do Brasil Ltda -15 de junho de 2005. Gramado (RS);
- 16) Palestra:** Estratégias para o controle do arroz-vermelho - Inovações tecnológicas. André Andres. II Fórum de agricultura e agronegócio do RS, de 01 a 03 de junho de 2005. Pelotas (RS);
- 17) Palestra:** Estratégias para o controle do arroz-vermelho – Sistemas de implantação de culturas. José Alberto Petrini. II Fórum de agricultura e agronegócio do RS, de 01 a 03 de junho de 2005. Pelotas (RS);
- 18) Palestra:** Estratégias para o controle do arroz-vermelho – Qualidade na produção de sementes. Pedro Moreira. II Fórum de agricultura e agronegócio do RS, de 01 a 03 de junho de 2005. Pelotas (RS);
- 19) Palestra (Painel):** Estratégias para o controle do arroz-vermelho. Coord. Algenor da S. Gomes. II Fórum de agricultura e agronegócio do RS, de 01 a 03 de junho de 2005. Pelotas (RS);
- 20) Palestra:** Avanços tecnológicos em arroz irrigado - Inovações tecnológicas no manejo do nitrogênio em arroz irrigado – Walkyria B. Scivittaro. II Fórum de agricultura e agronegócio do RS, de 01 a 03 de junho de 2005. Pelotas (RS);
- 21) Palestra:** Avanços tecnológicos em arroz irrigado - Bioatenuação natural de resíduos de agrotóxicos em ecossistemas orizícolas – Maria Laura Mattos. II Fórum de agricultura e agronegócio do RS, de 01 a 03 de junho de 2005. Pelotas (RS);
- 22) Palestra (Painel):** Avanços tecnológicos em arroz irrigado. Coord. Ariano M.

- de Magalhães Jr.. II Fórum de agricultura e agronegócio do RS, de 01 a 03 de junho de 2005. Pelotas (RS);
- 23) Palestra (Painel):** A industrialização do arroz: competitividade, instrumentos de comercialização e propostas para aumento de consumo. Coord. José Francisco da S. Martins. II Fórum de agricultura e agronegócio do RS, de 01 a 03 de junho de 2005. Pelotas (RS);
- 24) Palestra:** Impacto ambiental da irrigação. Maria Laura Mattos - Semana Acadêmica da Engenharia Agrícola, Pelotas, 2005;
- 25) Palestra:** Impacto Ambiental de Agrotóxicos. Maria Laura Mattos. Reunião da FMC, Treinamento Técnico da FMC Química do Brasil Ltda, em 15 de junho de 2005. Gramado (RS);
- 26) Palestra:** Comportamento Ambiental de Agrotóxicos. Maria Laura Mattos. Dia de Campo, ETB, 2005.
- 27) Palestra:** Efeito de épocas de início da irrigação e doses de herbicidas pré-emergentes sobre a cultura do arroz irrigado I: Controle de plantas daninhas. André Andres. IV Congresso Brasileiro de Arroz irrigado. XXVI Reunião da cultura do Arroz Irrigado – 9 a 12 de agosto. Santa Maria (RS);
- 28) Palestra:** Efeito de épocas de início da irrigação e doses de herbicidas pré-emergentes sobre a cultura do arroz irrigado II: Componentes do rendimento. André Andres. IV Congresso Brasileiro de Arroz irrigado. XXVI Reunião da cultura do Arroz Irrigado – 9 a 12 de agosto. Santa Maria (RS);
- 29) Palestra:** Efeito do herbicida Clomazone sobre o desenvolvimento inicial do arroz cv. BRS Pelota, submetido a diferentes momentos de início da irrigação. André Andres. IV Congresso Brasileiro de Arroz irrigado. XXVI Reunião da cultura do Arroz Irrigado – 9 a 12 de agosto. Santa Maria (RS);
- 30) Palestra:** Fluxo de emergência de plantas daninhas em área de cultivo de arroz irrigado após preparo inicial do solo. André Andres. IV Congresso Brasileiro de Arroz irrigado. XXVI Reunião da cultura do Arroz Irrigado – 9 a 12 de agosto. Santa Maria (RS);
- 31) Palestra:** Competição de plantas daninhas em arroz irrigado. André Andres – 25 de agosto de 2005. Clube Comercial, Santa vitória do Palmar (RS);
- 32) Palestra:** Manejo racional da cultura do arroz irrigado “Projeto Marca”. José Alberto Petrini. II Simpósio Sul-Brasileiro de Qualidade do Arroz - 23 a 25 de novembro de 2005. FAEM/UFPel. Pelotas (RS);
- 33) Palestra:** Rice Production in Southern Brazil. Julio Centeno - Coleambally

- irrigation area, Peter Sheppard study group - 14.11. 2005. NSW, Austrália;
- 34) Palestra:** Rice Production in Southern Brazil. Julio Centeno - Coleambally irrigation area, Ian Payne study group -14.11. 2005. NSW, Austrália
- 35) Palestra:** Rice Production in Southern Brazil. Julio Centeno - Coleambally irrigation area, Lance Harland study group -15.11. 2005. NSW, Austrália
- 36) Palestra:** Rice Production in Southern Brazil. Julio Centeno - Coleambally irrigation area, Stan Rice study group -15.11.2005. NSW, Austrália
- 37) Palestra:** Rice Production in Southern Brazil. Julio Centeno - Coleambally irrigation area, Feruccio Fattore study group -16.11.2005. NSW, Austrália;
- 38) Palestra:** Rice Production in Southern Brazil. Julio Centeno - Coleambally irrigation area, Robert Adams study group - 16.11.2005, NSW, Austrália
- 39) Palestra:** Rice Production in Southern Brazil. Júlio Centeno - Yanco Agricultural Institute - 02.12. 2005. NSW, Austrália.

Palestras realizadas em 2006

- 40) Palestra:** Estratégias de manejo para maximizar o rendimento potencial do arroz irrigado no RS. Algenor da S. Gomes. XVI Abertura Oficial da Colheita do Arroz no Brasil, de 03 a 05 de março de 2006. Itaquí (RS).
- 41) Palestra:** Uso de fosfatos naturais reativos (FNr) em áreas de várzea. Algenor da S. Gomes. Dia-de-campo - 29 de março de 2005. ETB, Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão (RS);
- 42) Palestra:** Manejo da adubação nitrogenada em áreas de várzea: fontes, doses, parcelamento, épocas e modos de aplicação. Walkyria B. Scivittaro. Dia-de-campo - 29 de março de 2005. ETB, Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão (RS);
- 43) Palestra:** Manejo da adubação para híbridos de arroz irrigado. Walkyria B. Scivittaro. Dia-de-campo - 29 de março de 2005. ETB, Embrapa Clima Temperado. Capão do Leão (RS);
- 44) Palestra:** Adequação do solo para a diversificação do uso das várzeas: drenagem superficial do solo. Claudio Alberto S. da Silva. I Fórum Binacional da Lagoa Mirim e II Fórum Municipal do Meio Ambiente (Painel), em 25 de maio de 2006. Santa Vitória do Palmar (RS);
- 45) Palestra (Painel):** Adequação do solo para a diversificação do uso das

várzeas: uso e manejo racional dos solos de várzea da planície costeira - sistemas PD e CM como alternativas. Algenor da S. Gomes. I Fórum Binacional da Lagoa Mirim e II Fórum Municipal do Meio Ambiente (Painel), em 25 de maio de 2006. Santa Vitória do Palmar (RS);

- 46) Palestra (Painel):** Adequação do solo para a diversificação do uso das várzeas: Integração racional arroz pecuária em terras baixas. João Carlos Leite Reis. Fórum Binacional da Lagoa Mirim e II Fórum Municipal do Meio Ambiente (Painel), em 25 de maio de 2006. Santa Vitória do Palmar (RS);
- 47) Palestra:** Estratégias para maximizar o rendimento potencial do arroz irrigado. Seminário Interno. Algenor da S. Gomes. ETB – Embrapa Clima Temperado, em 07 de julho de 2006. Pelotas (RS);
- 48) Palestra:** Tecnologia para a produção de arroz irrigado “Projeto Marca”. Algenor da S. Gomes. 21º Seminário Cooplantio - Rentabilidade: o desafio do agronegócio – 19 a 21 de junho de 2006. Gramado (RS);
- 49) Palestra:** Ricecheck: sistema australiano de transferência de tecnologia na cultura do arroz irrigado. Júlio Centeno. Seminário. ETB, Embrapa Clima Temperado - 02 de junho de 2006. Capão do Leão (RS);
- 50) Palestra:** Ricecheck: sistema australiano de transferência de tecnologia na cultura do arroz irrigado. Júlio Centeno. Seminário. AEAPel, Associação Rural de Pelotas - 18 de julho de 2006. Pelotas (RS);
- 51) Palestra:** Seletividade de herbicidas à cultura da mamona. André Andres. XXV CBCPD – 29 de Maio a 2 de junho de 2006. Brasília (DF);
- 52) Palestra:** Competitividade de plantas de arroz com plantas daninhas em função do tratamento de sementes e épocas de início da irrigação. André Andres. XXV CBCPD – 29 de Maio a 2 de junho de 2006. Brasília (DF);
- 53) Palestra:** Parcelas demonstrativas como ferramenta didática no ensino do controle químico de plantas daninhas. André Andres. XXV CBCPD – 29 de Maio a 2 de junho de 2006. Brasília (DF);
- 54) Palestra:** Controle de plantas e seletividade de clomazone à cultura do arroz irrigado. André Andres. XXV CBCPD – 29 de Maio a 2 de junho de 2006. Brasília (DF);
- 55) Palestra:** Rice Production in Southern Brazil. Yanco Agricultural College - 21.02.2006. NSW, Austrália;
- 56) Palestra:** Rice Production in Southern Brazil. Waga Waga University - 24.03.2006. NSW, Austrália;

- 57) **Palestra:** Rice Production in Southern Brazil. Leeton Rotary Club - 20.04.2006. NSW, Austrália;

Resultados de Pesquisa e de Transferência de Tecnologia

Publicaram-se, como previsto na programação inicial, três documentos técnicos envolvendo resultados de pesquisa e de transferência de tecnologia. Estes documentos encontram-se citados a seguir. Na Figura 1, encontram-se suas capas.

- 1) **Manejo racional da cultura do arroz irrigado “Programa Marca”.** GOMES A. da S.; PETRINI, J.A.; FAGUNDES, P.R.R.. (Ed.). Pelotas; Embrapa Clima Temperado, 2004. 203 p.
- 2) **Manejo racional da cultura do arroz irrigado: Projeto Marca.** Folder Técnico. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 6 p.
- 3) **Estratégias de manejo para maximizar o rendimento potencial do arroz irrigado no RS.** GOMES A. da S.; PETRINI, J.A.; FAGUNDES, P.R.R.. (Ed.). Pelotas; Embrapa Clima Temperado, 2006. 28 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 153).

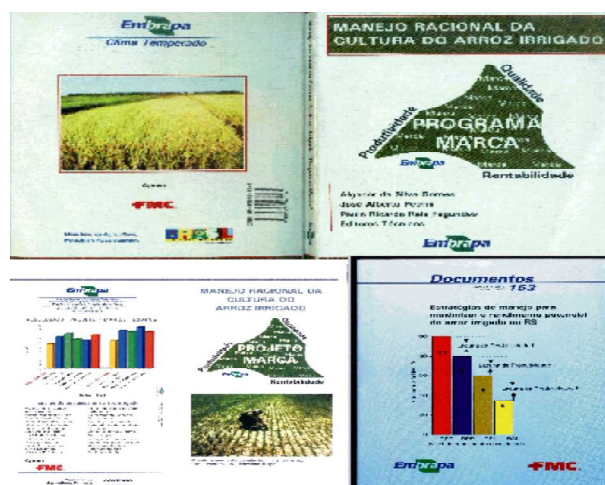


Figura1. Publicações da Embrapa Clima Temperado e da FMC Química do Brasil: Livro do Projeto Marca, Folder do Projeto Marca e Documento abordando o tema Estratégias de manejo em arroz irrigado.

Participação em Reuniões Técnicas e Congressos

Na programação do Convênio estavam previstas as participações de dez pesquisadores da Embrapa Clima Temperado na Reunião da Comissão Técnica da Cultura do Arroz Irrigado - CTAR I (2004) e no Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado (2005). Entretanto, houve a participação de pesquisadores da Embrapa Clima Temperado, com o apoio da Parceria, em vários outros eventos, conforme mencionado, por ano, a seguir:

Participação em Reuniões Técnicas e Congressos – 2004

- 1) REUNIÃO DA COMISSÃO TÉCNICA DE ARROZ DA REGIÃO 1 (CTAR1). - 4 a 6 de agosto de 2004. Bento Gonçalves (RS);

Pesquisadores participantes: 10;

- 2) SEMINÁRIO LAVOURA EM EVOLUÇÃO, 9. 2004. D. Pedrito (RS). Associação dos Agricultores de Dom Pedrito/RS. 2004;

Pesquisadores participantes: 04;

Participação em Reuniões Técnicas e Congressos – 2005

- 3) CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26. 2005. Santa Maria (RS). **Anais.** Santa Maria: Editora Orium. 2005. Volume I, 567p.; Volume II, 658p.

Trabalhos apresentados: 49;

Pesquisadores participantes: 10;

- 4) SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ, 2., 2005. Pelotas (RS). **Anais.** Passo Fundo: Abrapós, 2005. 456 p.

Palestra proferida: 01

Pesquisadores participantes: 02;

Participação em Reuniões Técnicas e Congressos – 2006

- 5) CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ 2., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ 8., 2006. Brasília, DF. **Anais.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1 CD-

ROM; 4 ¾ pol. – (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 196);

Trabalhos apresentados: 10;

Pesquisadores participantes: 06;

- 6) CONFERÊNCIA – TALLER INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO POBLACIONAL EN ARROZ, 4., 2006. INIA: Chillan, Chile. 2006. **CD-ROM;**

Trabalhos apresentados: 01;

Pesquisadores participantes: 01;

- 7) CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25., 2006. Brasília. Convivendo com as Plantas Daninhas, **Resumo.** Brasília: SBCPD/UNB/ Embrapa Cerrados. 2006. 662 p.;

Trabalhos apresentados: 11;

Pesquisadores participantes: 02;

Participação em Feiras e Exposições

Na programação inicial, estabelecida no Convênio, foram previstas participações da Embrapa Clima Temperado em cinco Feiras e Exposições regionais, por ano, incluindo a Expointer, Fenarroz, Abertura Oficial da Colheita do Arroz, Fenadoce e Expofeira Pelotas. Esta participação ocorreu em vinte e um eventos, conforme descrito a seguir:

Participação em Feiras e Exposições – 2004

- 1) Coopavel - 09/02/2004 a 13/02/2004 – Cascavel (SC);
- 2) 14ª Abertura da colheita do arroz - 07/03/2004 a 10/07/2004 - Santa Vitória do Palmar (RS);
- 3) Ciência para a vida - 16/05/2004 a 23/05/2004 – Brasília DF).
- 4) 13º Fenarroz - 17/05/2004 a 23/05/2004 - Cachoeira do Sul (RS);
- 5) Expointer - 28/08/2004 a 05/09/2004 – Esteio (RS);
- 6) 77 º Expofeira - 04/10/2004 a 12/10/2004 – Pelotas (RS);
- 7) Expopopança Florestal - 16/11/2004 a 21/11/2004- Pelotas (RS);

Participação em Feiras e Exposições - 2005

- 8) Coopavel 2005 - 31/01/2005 a 04/02/2005 – Cascavel (SC);
- 9) Expoagro Afubra - 23/02/2005 a 25/02/2005 - Santa Cruz (RS);
- 10) 15ª Abertura da Colheita do Arroz – 25/02/2005 a 27/02/2005 – D. Pedrito (RS);
- 11) Expodireto 2005 - 07/03/2005 a 11/03/2005 - Passo Fundo (RS);
- 12) Expointer - 26/08/2005 a 04/09/2005- Esteio (RS);
- 13) Expofeira - 08/10/2005 a 16/10/2005 – Pelotas (RS);
- 14) Exposição Natal Arroz com Pêssego- 09/11/2005 a 11/11/2005 – Pelotas (RS).

Participação em Feiras e Exposições – 2006

- 15) 1º Acampamento Binacional: Fórum Social Mundial - 24/01/2006 a 29/01/2006 - Santa Vitória do Palmar (RS);
- 16) Tecnoeste - 25/01/2006 a 27/01/2006 – Concórdia (SC);
- 17) XVI Abertura da Colheita do Arroz – 03/03/2006 a 05/03/2006 – Itaquí (RS)
- 18) Expodireto Cotrijal - 12/03/2006 a 17/03/2006 - Passo Fundo (RS);
- 19) Ciência para a Vida - 24/04/2006 a 30/04/2006 – Brasília (DF);
- 20) Fenadoce - 07/06/2006 a 22/06/2006 – Pelotas (RS);
- 21) XXXVII SEAGRO – Semana Acadêmica -10/07/2006 a 14/07/2006 – Pelotas (RS);
- 22) FIEMABRASIL - 03-05-2006 a 05-05-2006 - Bento Gonçalves (RS).

Matérias em meios de comunicação

- 1) Projeto Embrapa-FMC: novos horizontes para orizicultura. Novos Horizontes: sustentabilidade e tecnologia no arroz irrigado. **Revista Planeta Arroz**, nº 10. Maio de 2004. (Encarte publicitário). p. 1;
- 2) Cultivares de arroz irrigado para o Rio Grande do Sul: a contribuição da Embrapa Clima Temperado. Novos Horizontes: sustentabilidade e tecnologia no arroz irrigado. **Revista Planeta Arroz**, nº 10. Maio de 2004. (Encarte publicitário). p. 2;

- 3) Projeto Orygens: inovações genômicas para o descobrimento de genes e melhoramento genético de arroz. Novos Horizontes: sustentabilidade e tecnologia no arroz irrigado. **Revista Planeta Arroz**, n° 10. Maio de 2004. (Encarte publicitário). p. 3;
- 4) Curso de atualização técnica em produção de arroz irrigado e diversificação de culturas em áreas de várzea. **Jornal Gazeta de Rosário**, ano 14 – n° 2062. Rosário do Sul, 14/08/2004. Edição especial. p. 1;
- 5) Caracterização e escolha de cultivares de arroz irrigado para o Rio Grande do Sul. **Jornal Gazeta de Rosário**, ano 14 – n° 2062. Rosário do Sul, 14/08/2004. Edição especial. p. 2;
- 6) Otimização do uso de fertilizantes pelo arroz: o segredo está no manejo correto. **Jornal Gazeta de Rosário**, ano 14 – n° 2062. Rosário do Sul, 14/08/2004. Edição especial. p. 2;
- 7) Manejo integrado de insetos-praga na cultura do arroz irrigado. **Jornal Gazeta de Rosário**, ano 14 – n° 2062. Rosário do Sul, 14/08/2004. Edição especial. p.3;
- 8) Manejo racional do cultivo do arroz irrigado no sistema pré-germinado. **Jornal Gazeta de Rosário**, ano 14 – n° 2062. Rosário do Sul, 14/08/2004. Edição especial. p. 3;
- 9) Rotação de culturas em áreas de arroz irrigado. **Jornal Gazeta de Rosário**, ano 14 – n° 2062. Rosário do Sul, 14/08/2004. Edição especial. p.3;
- 10) Estimativa da data de diferenciação da panícula de arroz por meio do método de graus-dia. **Jornal Gazeta de Rosário**, ano 14 – n° 2062. Rosário do Sul, 14/08/2004. Edição especial. p. 4;
- 11) Embrapa Clima Temperado realiza curso de Atualização técnica em produção de arroz irrigado e diversificação de culturas em áreas de várzea. **Jornal Gazeta de Rosário**, ano 14 – n° 2063. Rosário do Sul, 20/08/2004. p. 3;
- 12) **Importância da atualização técnica na agricultura.** Jornal Folha Rosariense, **Rosário do Sul, 24/08/2004 - Edição Especial. 4p;**
- 14) 1º Curso de atualização técnica em produção de arroz irrigado e diversificação de culturas em áreas de várzea. **Jornal Gazeta de Rosário**, ano 14 – n° 2064. Rosário do Sul, 24/08/2004. Edição Especial. p. 6-7;
- 13) Reconversão de sistemas de irrigação na orizicultura, alternativas de seqüências e rotações de culturas. **Revista Trimestral da Associação**

Brasileira de Irrigação e Drenagem – ABID, n° 63, 3° trimestre de 2004. p. 69-70;

- 16) Veto a germinação. **Revista Cultivar**, ano VI, n° 65. Setembro de 2004. p. 22-24.
- 14) A MARCA da tecnologia. **Revista Planeta Arroz**, ano 5, edição 15, agosto de 2005. p. 22-23;
- 15) A MARCA da eficácia. **Anuário Brasileiro do Arroz 2005**. Editora Gazeta Santa Cruz, 2005. p. 76-79;
- 16) Vitrine tecnológica da 16° abertura da colheita do Arroz. **Orizicultura - Informe Comercial**, Bagé, 03/03/2006. p. 2;
- 17) Embrapa busca cultivares tolerantes ao Only. **Orizicultura - Informe Comercial**, Bagé, 03/03/2006. p.4;
- 18) Resultados de uma safra. **Orizicultura - Informe Comercial**, Bagé, 03/03/2006. p. 2;
- 19) Novas cultivares. **Orizicultura - Informe Comercial**, Bagé, 03/03/2006. p. 2;
- 20) Melhoramento genético. **Orizicultura - Informe Comercial**, Bagé, 03/03/2006. p. 6;
- 21) Estações experimentais na Campanha. **Orizicultura - Informe Comercial**, Bagé, 03/03/2006. p. 8;
- 22) Pesquisadores receberão o troféu “Cientista do Arroz”. **Jornal Rural**, ano II, n° 2 Itaquí – Maçambará - São Borja, 28/02/2006. p. 4;
- 23). Palestras da Embrapa abordam Projeto MARCA e produção integrada de arroz. **Jornal Rural – Caderno do Arroz**. Suplemento Especial da 16° Abertura da colheita do arroz 2005/2006. Itaquí, 04/03/2006. p. 2.

Considerações finais

A realização das atividades pertinentes a este Capítulo possibilitou uma intensa troca de experiências entre pesquisadores da Embrapa Clima Temperado, vinculados à cultura do arroz irrigado, produtores de arroz do RS, técnicos da FMC Química do Brasil, técnicos ligados a Cooperativas, professores da FAEM/UFPel e outros componentes da cadeia produtiva deste cereal.

Esta interação desenvolvida seja através de Unidades Demonstrativas, Dias-de-campo, Cursos de Capacitação, Palestras, ou por outro procedimento, trouxe, com certeza, ganhos, tanto de experiência como de conhecimento, para todos os atores envolvidos. Isto só foi possível, em decorrência da larga visão dos Dirigentes da FMC Química do Brasil e do entendimento da Embrapa Clima Temperado, através de sua Chefia e de seus pesquisadores, que a Parceria entre Instituições, sejam elas Públicas ou Privadas, é o caminho para potencializar processos como os de geração e transferência de tecnologias para uma determinada atividade agrícola.

Colaboradores

Claudio Alberto S. da Silva - Pesquisador Embrapa ClimaTemperadoCley

Donizette Nunes - Pesquisador Embrapa ClimaTemperado

Isabel Helena Verneti Azambuja - Pesquisador Embrapa ClimaTemperado

João Carlos Leite Reis - Pesquisador Embrapa ClimaTemperado

José Alberto Petrini - Pesquisador Embrapa ClimaTemperado

José Maria Barbat Parfitt - Pesquisador Embrapa ClimaTemperado

Júlio Centeno da Silva - Pesquisador Embrapa ClimaTemperado

Marilda Pereira Porto - Pesquisador Embrapa ClimaTemperado

Paulo Ricardo Reis Fagundes - Pesquisador Embrapa ClimaTemperado

Pedro Moreira - Pesquisador Serviço Nacional de Transferência de Tecnologia- Escritório do Capão do Leão

Silvio Steinmetz - Pesquisador Embrapa ClimaTemperado

Anderson Dionei Grützmacher - Pesquisador Embrapa ClimaTemperado

Capítulo 6

*Luiz Felipe Thomaz
José Antônio Lisboa*

Parcerias público-privadas (ppp's) em pesquisa e desenvolvimento

Introdução

Do ponto de vista da alocação de fundos federais para pesquisa, pode-se afirmar que a situação brasileira atual não difere muito da de diversos outros países em desenvolvimento. A escassez de fundos públicos para custeio e investimento impele que determinadas atividades, entre as quais as relacionadas à Ciência e Tecnologia (C&T), sejam candidatas sempre que há necessidade de cortes de gastos para ajustar as contas públicas.

Apesar do subinvestimento em pesquisa agrícola no Brasil, o êxito da experiência das agências nacionais encarregadas da pesquisa agrícola concorreu para diminuir esse ônus ao longo dos últimos 20 anos. Ainda assim, a parcela dos recursos dedicada à pesquisa agrícola no Brasil é muito pequena, quando comparada à de diversos outros países. Não obstante essa pequena dimensão, o desequilíbrio fiscal do Estado brasileiro tem exigido (e irá demandar mais, no futuro) reprogramação e cortes de gastos em diversas áreas de atividade. Os gastos em pesquisa efetuados por entidades governamentais, e em particular os investimentos em pesquisa agrícola, têm sido candidatos à redução, apesar do reconhecidamente elevado retorno que a pesquisa agrícola tem permitido em diversos países (EVENSON, WAGGONER e RUTTAN, 1979; apud BONELLI e PESSOA, 1998). O Brasil

não é exceção. Além disso, a experiência de diversos países, particularmente os menos desenvolvidos, indica que se o setor privado não julgar que a legislação de patentes é adequada e/ou protege adequadamente seus direitos, terá pouca disposição para investir em pesquisa agropecuária, especialmente em pesquisa facilmente apropriável por outros agentes (PRAY e ECHEVERRÍA 1991, p. 349; apud BONELLI e PESSOA, 1998).

Sabe-se que uma parcela considerável da tecnologia agrícola é, geral e, internacionalmente, um bem público gerado principalmente pelas instituições governamentais de pesquisa. Quando bem-sucedidas, o resultado das atividades de pesquisa agrícola tem um caráter de bem público, pois beneficia a sociedade, mas não trás retorno financeiro direto para a entidade geradora da nova tecnologia. Graças a isso, a tendência quase universal é a de falta de recursos para pesquisa. O caráter de bem público, entre outras coisas, pode interpor dificuldades à privatização dessas atividades.

O impacto e extensão do apoio governamental à pesquisa agrícola e à produção de inovações são, em boa medida, determinados pela divisão de ganhos de produtividade entre produtores e consumidores. Se a demanda pela produção agrícola é elástica e está crescendo rápido (como freqüentemente acontece com a demanda externa por commodities agrícolas em acelerada expansão), os produtores podem reter uma parcela relativamente grande dos ganhos da inovação.

Outro ponto importante diz respeito à especificidade da inovação tecnológica na produção agrícola. Quando o ganho é próprio da empresa, ela investirá em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) como em qualquer outro investimento — tal como, por exemplo, em unidades de ativo fixo. A pesquisa agrícola, no entanto, não é apropriável apenas por quem a executa. De fato, a experiência histórica internacional registra que há spillover effects relevantes em inúmeros casos — o que ajuda a explicar o subinvestimento em P&D pelas instituições privadas ou grandes empresas agrícolas e também porque apesar do elevadíssimo retorno, o investimento nessa atividade ainda está abaixo do esperado. Isso é o que registra a experiência internacional relevante nesse contexto.

Em face desse quadro é oportuno perguntar: qual a magnitude, limites e implicações desses processos em um país como o Brasil? E qual o papel e importância das instituições públicas de pesquisa nesse contexto? É possível pensar em divisão de áreas de atuação (pesquisa básica versus aplicada, por

exemplo), na qual complementam-se os gastos privados com gastos de instituições estatais, isto é, harmonizar os papéis de ambos de modo que sejam atingidas suas necessidades e preservado seus interesses? Em outras palavras, é possível pensar em parcerias público privadas nessa área?

Governo e setor privado como parceiros no financiamento da pesquisa agrícola

A expansão da pesquisa agrícola privada e as pressões para a redução do déficit público, tendem a ganhar peso nos argumentos para a diminuição dos recursos destinados à pesquisa agrícola pública. Tais argumentos partem da hipótese de que a pesquisa pública e privada são substitutas entre si, o que nem sempre é verdade. Em muitos casos podemos até verificar complementaridade entre estas atividades. Assim, a pesquisa pública básica pode fornecer oportunidade para o setor privado desenvolver atividades de P&D lucrativas e adaptar estas tecnologias às necessidades dos produtores.

Em geral, o setor público e o setor privado não são substitutos diretos porque desenvolvem diferentes tipos de pesquisa para produzir diferentes tipos de tecnologia. Uma exceção apontada por Pray e Echeverría (1991) é o caso de algumas formas de pesquisa biológica onde há competição potencial. A pesquisa agrícola privada tende a ser mais aplicada do que a pesquisa pública, e se concentra em tecnologia mecânica e química. O setor público atua mais fortemente na pesquisa básica e está mais envolvido com tecnologia biológica e agrônômica. Ele também desenvolve capital humano, fator necessário para a atividade de pesquisa em qualquer setor. Já a tecnologia química tem abrangência econômica limitada e seus benefícios são relativamente mais apropriáveis pelo inovador. Nos países mais desenvolvidos, tecnologias mecânicas são patenteáveis e os direitos do inovador, geralmente, mais garantidos. Em países menos desenvolvidos, onde os direitos dos inovadores não são tão fortes, as empresas privadas têm menos incentivo para investir em pesquisa e desenvolver novos produtos. No caso de pesquisa mecânica e química, um esforço conjunto, público e privado, é comum em pesquisa básica, mas ainda, é o setor privado que desenvolve a maior parte do trabalho de pesquisa aplicada.

Embora temas associados aos principais efeitos de regulamentação da atividade de P&D, como os *spillovers* e as patentes, tenham sido estudados e relativamente bem-entendidos, os economistas não têm dado muita atenção à questão da extensão da intervenção e do *mix* ótimo de políticas

públicas relacionadas à atividade de P&D. Uma forma de regular essas atividade seria pelo aperfeiçoamento de regimes de patentes.

Os atores principais neste processo são instituições públicas nacionais e internacionais, organizações internacionais não lucrativas e empresas privadas (*agribusiness firms*). Assim como nos tipos de pesquisa, a distinção entre pesquisa pública ou privada não é por vezes totalmente nítida, havendo um complexo, quase um *continuum*, de instituições dedicadas à pesquisa que vai dos institutos governamentais às empresas privadas de processamento e produtoras de insumos. Historicamente, a pesquisa agrícola tem sido também efetuada por agentes públicos nacionais e internacionais. Trata-se de um traço que vem mudando gradativamente com o tempo, segundo um quadro que pode ser caracterizado como de privatização das atividades de pesquisa agrícola.

O investimento privado torna-se tanto mais inadequado quanto mais próximo estiver à empresa da pesquisa básica. Logo, quanto mais básica a pesquisa, maior a necessidade de apoio do governo.

Em termos mais gerais pode-se afirmar que a apropriabilidade da inovação ou do resultado dos investimentos em P&D dá-se em função do tipo da pesquisa e da área tecnológica. Os incentivos do setor privado para a condução ou patrocínio de pesquisa são limitados em tecnologia básica e pesquisa física; pesquisa genérica, com aplicação ampla em diversas *commodities*; áreas tecnológicas, nas quais o conhecimento não pode ser facilmente incorporado na propriedade produzida, e onde as instituições destinadas a proteger os direitos da propriedade intelectual são ineficientes ou inexistentes.

O *continuum* de atividades de pesquisa sugere que se devem buscar complementaridades ou sinergias entre instituições públicas e privadas. Na Tabela 1, encontram-se dados descritos por Thirtle e Echeverría (1994), os quais sugerem que deve ocorrer maior apoio às pesquisas, básica e estratégica, pelo setor público, enquanto que nas pesquisas aplicada e adaptativa, o apoio deve ser mais da área privada.

Tabela 1. Tipos de tecnologia e áreas de P&D.

Áreas/Tipo	Básica	Estratégica	Aplicada	Adaptativa
Gerencial	Pública			
Biológica				
Química				
Mecânica	Privada			

O objetivo básico pelo qual as empresas conduzem atividades de P&D é o fato de que essa atividade gera o conhecimento necessário à produção de novos produtos ou à produção de produtos já existentes com custos menores. As empresas podem usar novas tecnologias ou vendê-las para que outros agentes às usem.

Um conjunto de forças econômicas e políticas agem para produzir um *spread* entre o incentivo privado e o público a se produzir P&D. O primeiro causador dessas divergências são os *spillovers* tecnológicos: se uma firma pode empregar novas tecnologias oriundas de pesquisas de uma outra empresa, sem pagar nada por isso, o incentivo privado tende a ser muito baixo pois, a empresa que investiu em tecnologia não considera os *spillovers* positivos.

A inabilidade de apropriar todos os ganhos da divisão *ex-post* dos resultados das pesquisas, tem dois efeitos negativos sobre os incentivos das empresas produzirem P&D (BONELLI e PESSOA, 1996): a) redução no valor esperado do retorno da inovação; e b) como as empresas podem ganhar com as atividades de P&D conduzidas pelas suas rivais, a sua perda esperada por não-implementação das atividades de P&D também fica reduzida.

No caso dos Estados Unidos, os subsídios diretos e indiretos foram largamente utilizados para aumentar o incentivo a atividades privadas de P&D. Cerca de 47% dos gastos privados com atividades de P&D vêm de subsídios diretos do governo americano. Os incentivos fiscais também são largamente utilizados: em 1981 o *Economic Recovery Act* proporcionou um crédito tributário de 25% para empresas cujos gastos com atividades de P&D fossem maiores do que a média dos três últimos anos.

Spence (1984) examinou a questão dos subsídios e concluiu que eles podem ser muito eficientes em mercados onde os *spillovers* são elevados, como no caso do mercado agrícola. Mesmo que os subsídios consigam aumentar o nível de atividades de P&D, podem também distorcer os incentivos na indústria, pois é difícil compreender como o governo escolhe as empresas que contempla com o subsídio.

O fortalecimento da propriedade intelectual, mediante registro de patentes, pode melhorar e tornar mais atrativo o mercado de investimento e de divisão dos resultados P&D. Direitos de propriedade fortalecem os incentivos à condução de P&D porque permitem às empresas a apropriação dos benefícios da inovação, reduzindo o *gap* entre os incentivos sociais e privados. Os direitos de propriedade aumentam a apropriabilidade de duas formas: primeiro, se a empresa opta por não dividir os resultados de sua

pesquisa com as outras, não terá de conviver com *spillovers* que diluem o valor dos seus investimentos; segundo, direitos de propriedade intelectual mais fortes deixam o detentor da patente em uma posição mais lucrativa perante as outras empresas, pois a patente impede a imitação e os *spillovers*.

No entanto, segundo Tirole (1990), as patentes não são as únicas formas de produção e apropriabilidade. Em geral, inovações não patenteadas continuam revertendo ganhos para os seus inventores por pelo menos um espaço de tempo. Os imitadores provavelmente observam as inovações com um *lag*, ou podem não possuir o *know-how* para reproduzi-las imediatamente.

Dessa forma, as patentes desempenham papel de menor importância em determinados mercados (aqueles em que as condições acima estão presentes: possibilidade de imitação etc.) e abrem espaço para o estudo de formas alternativas de encorajar a inovação, como um sistema baseado em “prêmios” ou por mecanismos contratuais.

O sistema baseado em prêmios objetiva, em sua forma extrema, desenhar um projeto bem definido e garantir uma determinada quantia em dinheiro — o “prêmio”, — para a empresa que completar primeiro o projeto, ou fazê-lo de modo mais bem-sucedido ou engenhoso. Depois que o prêmio é ganho por uma determinada firma, a inovação cai em domínio público. Assim como o sistema baseado em patentes, esse método tem origens bem antigas, embora seja bem menos utilizado que o de patentes. Sem dúvida, a sua vantagem mais importante perante o método das patentes é o não-incentivo à formação de monopólios.

No entanto, a implementação desse sistema de prêmios é difícil por diversas razões. Primeiro, o governo ou agência governamental precisa avaliar com precisão a possibilidade de realmente ocorrerem às diversas invenções, e também a demanda por elas. A informação sobre a demanda é essencial para avaliar o montante do prêmio que, na verdade, é o fator que está incentivando a pesquisa.

Na prática, o prêmio a ser pago nesse sistema só pode ser avaliado após a ocorrência efetiva da inovação. Como a essa altura os investimentos em P&D já foram feitos pela empresa, possivelmente haveria problemas de *hold-up*. Na maioria das vezes, as esferas administrativas e judiciárias avaliam de forma bastante conservadora os valores dos prêmios.

Um rival mais sério do sistema de patentes é o sistema centralizado conhecido como *procurement* ou *contractual mechanism*. Embora um pouco

semelhante ao sistema de prêmios, visto anteriormente, o sistema contratual difere deste, pois o governo pode controlar o acesso ao mercado de pesquisa. Mais precisamente, o governo escolhe um número de empresas (geralmente apenas uma) e estabelece um contrato com elas. O contrato usualmente contém mais detalhes que os especificados quando um prêmio é oferecido. Por exemplo, o contrato em geral especifica que uma parte da pesquisa vai ser custeada pelo governo.

Esses contratos evitam a duplicação excessiva dos custos da pesquisa. No entanto, existem problemas no que diz respeito à tecnologia disponível para a pesquisa e à forma de controle das empresas contratadas. Além disso, como no sistema de prêmios, o governo precisa saber o valor da inovação, ainda que no sistema contratual o primeiro cliente da inovação seja a própria empresa contratada.

Uma outra forma de incentivo à pesquisa consiste no incentivo à formação de *Parcerias Público Privadas em pesquisa e desenvolvimento* (PPP). Estas podem ser entendidas como um sistema no qual diversas empresas decidem dividir os custos e os benefícios associados a um determinado projeto. Embora conceitualmente distintas, as PPPs funcionam da mesma forma que os “acordos de licença”, pois as duas formalizam contratos que estabelecem os níveis de P&D e a difusão da inovação.

A primeira grande vantagem do sistema de PPP reside no fato de que conduz à eficiência tanto no mercado específico, como por exemplo, o mercado agrícola, quanto no nível social. Essa vantagem vem do fato de o sistema de Parceria permitir uma coordenação da atividade de pesquisa, além de explorar a complementaridade entre os seus diversos membros.

A PPP afeta o gasto global com P&D e, conseqüentemente, o incentivo à pesquisa. Dependendo do setor, as PPPs podem aumentar ou reduzir a atividade de P&D. Existem duas razões básicas para essas *parcerias* acelerarem o processo de inovação. Na medida em que a proteção por patentes não é totalmente eficaz e as inovações provocam *spillovers*, as empresas que praticam P&D individualmente, acabam por sofrer o efeito de cópia, ou “apropriação” pelos seus rivais devido à inovação. Essas tendem, portanto, a subinvestir em P&D quando se examina o mercado como um todo. Uma PPP corrige pelo menos a externalidade entre seus membros, logo aumenta o gasto com P&D de cada um deles. Ademais, pode ocorrer que os custos fixos da atividade de P&D sejam tão grandes que determinadas empresas, individualmente, não poderiam arcar com eles. Além disso, uma PPP poderá possibilitar a exploração de retornos crescentes de escala na

atividade de P&D.

No entanto, para se obter uma visão mais completa do estímulo privado e social das PPPs, seria necessário, uma análise dos efeitos adicionais como o efeito de exclusão de uma PPP entre um subconjunto de empresas de um determinado mercado; a incorporação da possibilidade de o mercado gerar excesso ou escassez de P&D na ausência da PPP, e a avaliação dos instrumentos públicos alternativos capazes de regular a atividade de P&D (BONELLI e PESSOA, 1998).

Projeto Novos Horizontes, uma exemplo de parceria público-privada na pesquisa agrícola.

O arroz, da mesma forma que na maioria dos países asiáticos, é um dos componentes básicos na dieta da população de muitos países latino-americanos, como Brasil, Colômbia, Peru e outros. Ainda, é um produto que está presente em transações internacionais, tanto no caso de Uruguai, Argentina e Guiana, que são países exportadores deste cereal, quanto de Brasil, México e Cuba, entre outros, que são importadores.

Contudo, o principal fator desencadeador deste projeto, sem dúvida é o papel que a cadeia produtiva do arroz irrigado desempenha no desenvolvimento econômico de toda a metade sul do Estado, caracterizado por grandes extensões de várzeas, que possuem uma série de características as quais dificultam seu aproveitamento para outras atividades, sendo, portanto, a atividade orizícola a de maior importância nestas áreas.

A Embrapa Clima Temperado, em parceria com a FMC Química do Brasil Ltda. - instituição internacional, representativa da cadeia produtiva do arroz irrigado - buscaram, através da execução do Projeto Novos Horizontes, constituído de cinco Planos de Ação, potencializar os processos de geração e de transferência de tecnologias. Assim, desenvolveram ações no sentido de fornecer informações demandadas pelos orizicultores gaúchos sobre técnicas de manejo da cultura do arroz irrigado, enfatizando os objetivos e os efeitos de cada técnica, sob o ponto de vista quantitativo e qualitativo, com enfoque na rentabilidade e na sustentabilidade sócio-ambiental para a cultura.

O Projeto "Novos horizontes para a sustentabilidade da lavoura orizícola do Rio Grande do Sul" foi desenvolvido pela Embrapa Clima

Temperado em parceria com a FMC Química do Brasil Ltda., durante três anos (11/2003 a 10/2006), contemplando cinco grandes áreas: a) manejo da água e de plantas daninhas em arroz irrigado; b) Manejo da água e da adubação nitrogenada na cultura do arroz irrigado; c) manejo integrado do gorgulho-aquático (*Oryzophagus oryzae*) com ênfase no aperfeiçoamento da tecnologia de aplicação de inseticidas; d) comportamento ambiental de agrotóxicos aplicados em lavouras de arroz irrigado; e e) transferência de tecnologias em arroz irrigado.

O Projeto contemplou, portanto, áreas referentes à fitossanidade, a plantas daninhas e à entomologia, consideradas áreas de pesquisa aplicada e de interesse das companhias privadas produtoras de insumos agrícolas. Porém, como era um projeto de parceria entre o público e o privado, conciliou interesses públicos, desenvolvendo atividades em áreas de pesquisa básica, como fertilidade de solos, dissipação de pesticidas no meio ambiente e ainda na área de transferência de tecnologia. O desenvolvimento desta área contou com a maior parte dos recursos advindos da empresa privada, servindo como um belo exemplo de Parceria Público Privada na pesquisa agropecuária. Na Tabela 2, pode-se verificar o montante total investido pelas duas empresas neste importante projeto, ao longo dos três anos. Os resultados obtidos nestas áreas de pesquisa contribuíram em muito com os ganhos de produtividade alcançados hoje pela lavoura arrozeira.

Os avanços conseguidos no manejo de plantas daninhas, por exemplo, foram significativos, resultantes de um melhor entendimento da sua dinâmica, determinação do período crítico referente à matocompetição, definição de épocas de controle e desenvolvimento de novas tecnologias, como o uso do protetor Permit na semente. Estes conhecimentos possibilitaram um manejo mais eficaz das plantas daninhas de difícil controle, presentes na lavoura de arroz, como angiquinho, gramas perenes, milhã e papuã, as quais apresentavam um controle não satisfatório com os herbicidas disponíveis no mercado.

Na parte de adubação os resultados obtidos permitiram uma melhor compreensão da dinâmica da adubação nitrogenada, os efeitos de diferentes doses, a interação entre doses e épocas, resultando em economia para o orizicultor, pois possibilitou ao mesmo tempo, manejar mais adequadamente e aplicar o fertilizante na hora mais adequada. Também ficaram comprovados os efeitos benéficos do produto Furadan 100 Gr sobre a produtividade da cultura, o que já havia sido relatado por outros pesquisadores em diversas culturas ao redor do mundo.

Tabela 2. Orçamento simplificado do Projeto por categoria de despesas, considerando o aporte da FMC e o da Embrapa Clima Temperado.

ITEM DE DISPÊNDIO	Solicitado (R\$)	Contrapartida (R\$)	Total (R\$)
CUSTEIO	FMC	CPACT	
Material de consumo	119.646,00	33.500,00	153.146,00
Diárias	20.100,00	2.700,00	22.800,00
Passagens	26.600,00	1.000,00	27.600,00
Terceiros (Pessoa física)	11.000,00	24.000,00	35.000,00
Terceiros (Pessoa jurídica)	81.250,00	---	81.250,00
Bolsas	42.900,00	11.000,00	53.900,00
Subtotal	301.496,00	72.200,00	373.696,00
CAPITAL			
Obras civis		20.000,00	20.000,00
Equipamentos/material permanente/bens	130.400,00	219.000,00	219.000,00
Subtotal	130.400,00	239.000,00	369.400,00
Subtotal geral	431.896,00	239.000,00	670.896,00
Taxa Técnica-administrativa (15%)	64.784,40	-----	64.784,40
TOTAL GERAL	496.680,40	239.000,00	735.680,40

Os resultados em termos de controle de insetos foram muito importantes, pois ajudaram a FMC a desenvolver uma molécula de inseticida exclusiva para uso em tratamento de sementes, visando o controle de larvas de bicheira da raiz, principal praga do arroz irrigado, determinando doses e eficiência de controle para esta praga.

Do ponto de vista ambiental, os trabalhos foram pioneiros na área, pois até então nenhuma empresa havia submetido para uma análise tão criteriosa e avançada seus próprios produtos. Os resultados mostraram um excelente perfil toxicológico dos produtos da FMC. Ingredientes ativos chave para a produção orizícola, como clomazone e carbofuran, mostraram excelente perfil ambiental, perfeitamente adequado ao uso em áreas de várzea, não mostrando perfil acumulativo e possuindo rápida dissipação no ambiente aquático, inferior inclusive aos limites estabelecidos por órgãos ambientais, Europeus e Americanos. Nenhum produto mostrou efeito deletério sobre populações microbianas e não causando danos ao ecossistema quando do retorno da água usada na irrigação da lavoura aos mananciais hídricos de onde haviam sido retirados.

Importante destacar que estes resultados não ficaram apenas restritos às intuições participantes do projeto. Desde o início havia uma preocupação das partes envolvidas em difundir o conhecimento gerado para que realmente um projeto desta magnitude pudesse cumprir também sua função social que era levar informações que pudessem trazer vantagens competitivas e agregar valor ao agricultor. Não há dúvidas que as ações contempladas na área de transferência de tecnologia - possibilitaram estas mudanças, haja visto que a produtividade média na metade Sul, à época, era de aproximadamente 5.000 kg ha⁻¹ e agora, passados três anos do início do projeto, a mesma encontra-se ao redor de 6.200 kg ha⁻¹, ou seja, um aumento de mais de 20% neste período, o que garante competitividade ao orizicultor e consolida a posição do RS como maior produtor de arroz do Brasil.

Considerações finais

Em função do que foi apresentado e discutido neste capítulo, desde o papel de órgãos públicos de P&D e das empresas produtoras de insumos agrícolas, os riscos e as oportunidades do investimento em pesquisa, o valor da inovação no negócio agrícola, a importância de gerar conhecimento e novas tecnologias que garantam a competitividade do agronegócio no Estado, aliado aos valores cada vez menores investidos pelo governo nas áreas de Ciência e Tecnologia, não resta dúvida que projetos de parceria entre instituições públicas e empresas privadas, em maior ou menor escala, são extremamente interessantes para o progresso do conhecimento científico.

Infelizmente, projetos desta magnitude estão cada vez mais difíceis de ser realizados, seja pela forte pressão por redução de custos nas empresas privadas e no próprio governo, seja pela pouca valorização do conhecimento pela cadeia produtiva. Com a adoção de novas tecnologias disponíveis os agricultores tendem a não mais valorizar o investimento feito em pesquisa pela empresa detentora de novas moléculas, ou de novos insumos e tecnologias. Como exemplo, cita-se a forte pressão para a liberação da importação de defensivos genéricos, de baixa qualidade. Este fato corrobora com o que foi discutido neste capítulo sobre o retorno advindo do investimento em pesquisa.

Medidas de apoio e incentivo à associação de órgãos públicos com empresas privadas devem ser colocadas em prática, sob pena de cada vez mais diminuir os investimentos destas empresas na pesquisa

agropecuária. Mecanismos compensatórios financeiros, maior rigor ao sistema de patentes, maior exigência para registro de defensivos genéricos, fiscalização sobre contrabando de defensivos entre outras podem ser de grande valia para estimular o investimento em P&D.

Não restam dúvidas também, de que, entre todas as formas de investimento de empresas privadas em pesquisa a que melhor se encaixa e realmente agrega benefícios ao setor público é a formação de parcerias entre o público e o privado como a que foi descrita ao longo deste documento.

Referências

- ARROW, K. J. **Economic welfare and the allocation of resources for invention, em the rate and direction of economic activity**: economic and social factors. Princeton, 1962. Princeton University press, 1962. 338 p.
- BONELLI, R.; PESSOA E. de P. O papel do Estado na pesquisa agrícola no Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE O PAPEL DOS SETORES PÚBLICO E PRIVADO NA PESQUISA AGROPECUÁRIA: DESTAQUES E LIÇÕES PARA EMBRAPA, 1998, Brasília. **Anais**. Brasília, DF: EMBRAPA-SEA; EMBRAPA-SPI, 1998. p. 1- 40.
- BRITO, B. M. B.; SILVEIRA, A. H. P. Parceria público-privada: entendendo o modelo. **Revista do Servidor Público**, Brasília, DF, n. 1, vol. 56. p. 7-21, Jan/Mar. 2005.
- EVENSON, R. E.; WAGGONER, P. E.; RUTTAN, V. W. Economic benefits from research: an example from agriculture. **Science**, Washington, v. 205, p 338-352, Sept., 1979.
- POLTRONIERI, R. **Retomada das parcerias público-privadas no contexto histórico brasileiro**. Disponível em: (www.ultimainstancia.ig.com.br/artigos/ler_noticia.php. Acesso em: 29 maio 2006).
- PRAY, C. E. ; ECHEVERRÍA, R.G. **Private sector agricultural research and technology transfer links in developing countries**. The Hague: ISNAR, 1989. 19 p. (ISNAR. Linkages Theme Paper, 3).
- PRAY, C. E.; ECHEVERRÍA, R. G. Private sector agricultural research in less-developed countries. In: HARDEY, P.G.; ROSEBOOM, J.; ANDERSON, J.R.(Ed.) **Agricultural Research Policy**. International Quantitative Perspectives. The Hague: ISNAR, 1991. 1125 p. (Cambridge University

Press, Chapter 10)

THIRTLE, C.; ECHEVERRÍA, R. G. Privatization and the roles of public and private institutions in agricultural research in sub-saharan Africa. **Food Policy**, Economics, Planning and politics of Food And Agriculture and nutrition, London, v. 19, n. 1, p. 15-24, 1994.

TIROLE, J. **Industrial organization**. Cambridge: The Mit Press, 1990. 432 p.

SPENCE, A. M. Cost reduction, competition, and industry performance. **Econometrica**, Evaston, v. 52, p. 101-121, Jan. 1994.